



PLANOS DE GESTÃO DE REGA EM PROJECTOS DE ARQUITECTURA PAISAGISTA

Joana Sequeira dos Ramos Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Arquitectura Paisagista

Orientador: Doutor Luís Paulo Faria de Almeida Ribeiro

Co-orientador: Doutor Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa

Júri:

Presidente: Doutora Ana Luísa Brito dos Santos de Sousa Soares Ló de Almeida, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Luís Paulo Almeida Faria Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2011

AGRADECIMENTOS

Manifesto a minha gratidão ao meu orientador, Professor Luís Paulo Ribeiro, por aceitar dirigir a minha dissertação, e pelas suas valiosas sugestões.

Um sincero reconhecimento dirige-se também ao meu co-orientador, Professor Pedro Leão, por partilhar a orientação, e por todos os esclarecimentos e críticas que valorizaram o meu trabalho, demonstrando sempre grande disponibilidade.

Agradeço aos meus pais e à minha irmã, por todo o apoio e carinho. Sem o seu incentivo permanente não teria sido possível levar este trabalho a bom termo.

Um obrigada às minhas colegas e amigas Xana e Vera por me terem ajudado sempre que precisei e um particular agradecimento à Vera por me ter fornecido o espaço para a realização do trabalho prático.

Obrigada Luís pela tua ajuda e apoio constante. Obrigada por TUDO!

RESUMO

A rega é um factor essencial para o êxito ou fracasso dos espaços verdes. A adequada concepção e funcionalidade de um sistema de rega é determinante para que sejam atingidos os objectivos de qualidade, económicos e ambientais associados aos respectivos projectos.

Este trabalho apresenta como ponto de partida uma perspectiva histórica da importância da água na paisagem, desde a Antiguidade até aos nossos dias em que se constata um cenário global de crise nos recursos hídricos. Este facto, em conjunto com as preocupações estéticas e económicas dos espaços verdes está na base do actual grande interesse da aplicação de Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista.

A fim de gerir correctamente um processo tão dinâmico como a rega, verifica-se que o procedimento mais adequado consiste em optar por uma abordagem estruturada, com base na decisão e na eficiência da rega. Assim, considera-se que o Plano de Gestão de Rega é composto por quatro fases que serão descritas em detalhe, a saber: Planeamento, Implementação, Monitorização e Avaliação.

Da análise feita neste trabalho conclui-se em particular que para o sucesso de todo o projecto de espaço verde é fundamental incluir um Plano de Gestão de Rega apropriado e em constante renovação.

Palavras-Chave: Gestão da rega, necessidades hídricas, evapotranspiração, sistema de rega, programação da rega.

ABSTRACT

Irrigation is an essential factor for the success or failure of the landscape. The adequate design and functionality of an irrigation system is determinant to achieve the quality, economic and environmental targets of the landscape.

This report starts with a historical outlook of the relevance of water in the landscape, from Antiquity to the present day, where there is a global crisis of water resources. This fact, along with the aesthetic and economic landscape concerns, is the main reason behind the great present interest on the application of Irrigation Management Plans to Landscape Architecture.

In order to correctly manage a dynamical procedure such as irrigation, it is recognized that the best solution is to make use of a structured approach based on irrigation decision and efficiency programs. As a result, in this work an Irrigation Management Plan is considered as composed by four main stages, here described in detail: Planning, Scheduling, Monitoring and Evaluation.

From this research we conclude in particular that an appropriate and continuously improved Irrigation Management Plan is the key for the successful achievement of any landscape project.

Keywords: Irrigation management, water requirements, evapotranspiration, irrigation system, irrigation scheduling.

EXTENDED ABSTRACT

Water is essential for life. Its importance has been recognized along the centuries and stated by many authors, such as: Leonardo da Vinci (1452 – 1519) who was fascinated by water and described it as “the vehicle of nature” (“vetturale di natura”), believing water was to the world the same as blood to our bodies; or Antoine de Saint-Exupéry (1900 – 1944) who said that “water is not necessary to life, but rather life itself” (Ribeiro, 1994) ; or H. G Wells (1866 – 1946) who said that “all living things, plants and animals alike, are primarily water things” (Jellicoe & Jellicoe, 1995).

The history of human civilization is strongly associated to different ways of manipulating water resources, in particular those related to landscape irrigation. Through the centuries, considerable progress has been made in the science of hydrology, namely on modeling the impact of climate change on hydrological systems from global to local scales. These studies, involving a wide range of different approaches, continue to enhance our knowledge of extreme events concerning water (like drought and floods) and how to forecast and manage their consequences.

With the growing impact of the aesthetic aspects of landscape the need for irrigation also increased, expanding itself beyond agriculture purposes, to the improvement of landscape quality. Indeed, with the progress of irrigation techniques, it was possible to reach new spaces creating landscapes in a much wider scale. As a consequence, plans were put forward, that often have not been developed in sustainable bases due to the gradual scarcity of water resources.

The previous trend, along with the aesthetic and economic landscape concerns, is the main reason behind the great present interest on the application of Irrigation Management Plans to Landscape Architecture, insofar it is extremely important to rationalize the use of water.

Within such a context, this work is a preliminary study of management plans for landscape irrigation, focused on the mission and goals of a landscape architect. It is not aimed at a deep analysis of the engineering techniques associated with irrigation. Based on the available literature related to management plans for irrigation of large scale landscapes, like golf courses requiring high inputs of water, the aim of this work is to apply similar approaches to different types of landscape, in a more sustainable manner. Its main goals are the following:

1. The analysis of irrigation management plans in projects of landscape architecture, aiming in particular at the control of water consumption, based on today concerns of scarce hydric resources.

2. The study of the necessary requirements and variables involved in a Management Plan of Irrigation to be considered by a landscape architect when he designs a project.

In order to achieve these goals, the present work incorporates 7 chapters. The first one, the introduction, describes the framework, objectives, structure and methodology that were adopted, and the remaining chapters are devoted to the work core, namely to a detailed description of the four main stages involved in a structured management plan of landscape irrigation (Planning, Scheduling, Monitoring and Evaluation).

From this research we conclude in particular that an appropriate and continuously improved Irrigation Management Plan is crucial for the successful achievement of any landscape project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Etapas do Plano de Gestão de Rega (Fonte: Ribeiro, 2009).

Figura 4.1: Padrões de infiltração da água para diferentes tipos de solo (Fonte: Amwua, 2005).

Figura 4.2: Movimento da água consoante a textura do solo (Fonte: Irrisoft, 2004).

Figura 4.3: Condições do Solo (Adaptado de: Afonso, 2007; Allen *et al.*, 2007).

Figura 4.4: Sugestão de profundidade a que o solo deve ser molhado (Fonte: Amwua, 2005).

Figura 4.5: Colocação adequada dos emissores de acordo com o raio da copa da árvore (Fonte: Amwua, 2005).

Figura 4.6: Variações das necessidades de água das plantas ao longo do ano (Fonte: Amwua, 2005).

Figura 4.7: Válvula de controlo remoto de funcionamento hidráulico (Fonte: Teles, 1996).

Figura 4.8: Válvula de controlo remoto de funcionamento eléctrico (Fonte: Teles, 1996).

Figura 4.9: Disposição triangular e quadrada (Fonte: Beard, 2002).

Figura 4.10: Tipos de bolbos originados pela rega gota-a-gota (Fonte: Raposo, 1994a).

Figura 4.11: Exemplo de sistema alagador de raízes (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).

Figura 4.12: Distribuição da água pelo aspersor (Fonte: Pacheco, 2009).

Figura 4.13: Espaçamento entre aspersores (Fonte: Pacheco, 2009).

Figura 4.14: Aplicação da água (Fonte: Pacheco, 2009).

Figura 4.15: Aproximação da aplicação da água (Fonte: Pacheco, 2009).

Figura 5.1: Controladores nos anos 80 (Fonte: Carlson, 2009).

Figura 5.2: Controladores na actualidade (Fonte: Carlson, 2009).

Figura 5.3: Receptor de condições climáticas (Fonte: Irrisoft, 2004).

Figura 5.4: Exemplo de utilização de tensiómetros na rega gota-a-gota (Fonte: Raposo, 1994a).

Figura 5.5: Ecrã de um controlador de baixa capacidade (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

Figura 7.1 Localização do Concelho de Cascais (Fonte: Google Earth).

Figura 7.2 Área de intervenção (antes da construção da moradia) (Fonte: Google Earth).

Figura 7.3 Moradia (com garagem) e parte do terreno circundante.

Figura 7.4: Programador HP da Rain Bird (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

Figura 7.5: Sensor de chuva adequado para pequenos espaços verdes (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

Figura A1: Extracto do catálogo de equipamento de rega localizada da Rain Bird (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

Figura A2: Extracto do catálogo da Hunter. Microaspersores (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).

Figura A3: Extracto do catálogo da Hunter. Pulverizadores (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

Figura A4: Extracto do catálogo da Hunter. Pulverizadores (continuação) (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

Figura A5: Extracto do catálogo da Hunter. Aspersores (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

Figura A6: Extracto do catálogo da Hunter. Aspersores (continuação) (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Consumos de água no Mundo nos anos 1967 e 2000 (Fonte: Palomo, 2003).

Tabela 3.1: Comparação entre os objectivos dos Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista e na Agricultura.

Tabela 4.1: Extensão de água na superfície, em *cm*, necessária para molhar o solo a uma determinada profundidade (Fonte: Landphair & Klatt, 1988).

Tabela 4.2: Taxa máxima de aplicação de água de acordo com o declive, perfil e textura do solo (Fonte: Pacheco, 2009).

Tabela 4.3: Relação entre as características do solo e os seus usos (Fonte: Palomo, 2003).

Tabela 4.4: Número de horas de Sol consoante os diferentes tipos de plantas (Fonte: Brízida, 2010).

Tabela 4.5: Resistência de alguns relvados à secura e ao frio (Adaptado de: Brochard, 1999).

Tabela 4.6: Evapotranspiração nos meses de pico de crescimento para diferentes tipos de plantas, em zonas temperadas e em zonas quentes (Fonte: Landphair & Klatt, 1988).

Tabela 4.7: Factores que influenciam a decisão sobre o sistema de rega (Fonte: Pereira, 2004).

Tabela 6.1: Duração de diferentes elementos de instalações de rega (Fonte: Lion, 1991).

Tabela A1: Valores de K_v para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

Tabela A2: Valores de K_{MC} para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

Tabela A3: Valores de K_D para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

Tabela A4: Valores de K_{SM} para diferentes tipos de vegetação (Fonte: AFONSO, C. (2007). Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

Tabela A5: Descrição das Hidrozonas para o mês de ponta – Agosto.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 1 |
| 1.2 OBJECTIVOS | 3 |
| 1.3 ESTRUTURA E METODOLOGIA DA TESE | 3 |
| 2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA PAISAGEM: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA | 6 |
| 2.1 A ÁGUA NA ORIGEM DAS PRIMEIRAS CIVILIZAÇÕES | 6 |
| 2.2 A CONTRIBUIÇÃO DOS ROMANOS E DOS ÁRABES NO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA HIDRÁULICA | 7 |
| 2.3 A VALORIZAÇÃO DA ÁGUA COMO ELEMENTO ESTÉTICO: PERÍODO POSTERIOR AO SÉCULO XIV | 9 |
| 2.4 A ÁGUA COMO ELEMENTO DE VALOR ECOLÓGICO: DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL À ACTUALIDADE | 11 |
| 3. A IMPORTÂNCIA DOS PLANOS DE GESTÃO DE REGA EM PROJECTOS DE ARQUITECTURA PAISAGISTA..... | 15 |
| 3.1 PLANOS DE GESTÃO | 15 |
| 3.2 PLANOS DE GESTÃO AMBIENTAL | 15 |
| 3.3 PLANOS DE GESTÃO DE REGA..... | 16 |
| 3.4 OS OBJECTIVOS DOS PLANOS DE GESTÃO DE REGA EM ARQUITECTURA PAISAGISTA E NA AGRICULTURA – UMA ANÁLISE COMPARATIVA..... | 18 |
| 4. CRITÉRIOS DE PLANEAMENTO | 20 |
| 4.1 ASPECTOS AMBIENTAIS | 20 |
| 4.1.1 Factor Água | 20 |
| 4.1.2 Factor Clima | 23 |
| 4.1.3 Factor Solo | 26 |
| 4.1.4 Factor Planta | 31 |
| 4.1.5 Hidrozonas..... | 39 |
| 4.2 BREVE CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGA..... | 40 |
| 4.2.1 Conceitos Base..... | 41 |
| 4.2.2 Sistema de Fornecimento de Água | 41 |

| | |
|--|---------------|
| 4.2.3 Sistema de Entrega | 42 |
| 4.2.4 Sistema de Distribuição | 45 |
| 4.3 CRITÉRIOS DE SELECÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE REGA – A ADAPTABILIDADE DOS SISTEMAS DE REGA | 48 |
| 4.3.1 A Adaptabilidade dos Sistemas de Rega a Diferentes Condições Ambientais ... | 48 |
| 4.3.1.1 Água..... | 49 |
| 4.3.1.2 Solos | 49 |
| 4.3.1.3 Planta..... | 51 |
| 4.3.1.4 Clima..... | 51 |
| 4.3.2 A Adaptabilidade dos Sistemas de Rega a Diferentes Tipologias de Espaços Verdes | 51 |
| 4.3.2.1 Parques Urbanos | 52 |
| 4.3.2.2 Árvores de Arruamento | 52 |
| 4.3.2.3 Jardins..... | 54 |
| 4.4 MEDIDAS COM VISTA À EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO E À UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO NOS SISTEMAS DE REGA | 55 |
| 5. IMPLEMENTAÇÃO | 59 |
| 5.1 AUTOMATISMOS DOS SISTEMAS DE REGA | 59 |
| 5.1.1 Sistemas de Rega Manuais | 59 |
| 5.1.2 Sistemas de Rega Semi-automáticos | 59 |
| 5.1.3 Sistemas de Rega Automáticos | 59 |
| 5.1.4 Controladores e Sensores de Medição | 60 |
| 5.2 PROGRAMAÇÃO DA REGA | 63 |
| 5.2.1 Os Agentes que Influenciam a Programação | 63 |
| 5.2.2 A Duração e a Frequência da Rega | 64 |
| 5.2.3 Os Tempos de Início de Rega..... | 65 |
| 6. A MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA REGA | 67 |
| 6.1 MONITORIZAÇÃO | 67 |
| 6.2 AVALIAÇÃO | 68 |
| 6.2.1 Indicadores de Desempenho - A Eficiência de Aplicação e a Uniformidade de Distribuição..... | 70 |

| | |
|---|-----------|
| 7. APLICAÇÃO PRÁTICA – JARDIM DE MORADIA EM CASCAIS | 72 |
| 7.1 LOCALIZAÇÃO..... | 72 |
| 7.2 DESCRIÇÃO DO PROJECTO | 73 |
| 7.3 PLANEAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO DE REGA | 74 |
| <i>7.3.1 Aspectos Ambientais</i> | <i>74</i> |
| <i>7.3.2 Sistemas de Rega.....</i> | <i>75</i> |
| <i>7.3.3 Programação</i> | <i>76</i> |
| CONCLUSÕES | 77 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 79 |
| ANEXOS | 84 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

A água é um bem essencial à vida. A sua importância sempre foi reconhecida ao longo dos séculos, e registada pelos mais variados autores, tais como Leonardo da Vinci (1452 – 1519) que descreve a água como o “veículo da natureza” (“vetturale di natura”), e considera que ela está para o mundo como o sangue está para os nossos corpos, ou Antoine de Saint-Exupéry (1900 – 1944) segundo o qual “a água não é necessária à vida, é a própria vida” (Ribeiro, 1994), ou ainda H. G. Wells (1866 – 1946), para quem “todas as coisas vivas, plantas e animais são primeiramente coisas da água” (Jellicoe & Jellicoe, 1995).

“A água é um elemento natural constante na paisagem que apresenta um carácter único garantindo a vida na terra” (Côrte-Real, 2007); possui várias potencialidades, apresentando-se diariamente nas nossas vidas nas mais diversas formas, desde a aquela que é básica para a sobrevivência dos seres vivos até à criadora de efeitos estéticos naturais ou artificiais. Dadas as suas virtualidades, com a água tanto é possível criar novas civilizações como realizar obras de arte que expressam a alegria de viver.

A história da civilização humana está entrelaçada com a história das formas que aprendemos para manipular os recursos de água. Ao longo dos séculos foram-se verificando progressos no âmbito da hidrologia, que possibilitaram melhorias no modo de vida das populações e que se materializaram em gastos de água cada vez maiores. Em termos gerais, a disponibilidade da água é praticamente constante; no entanto, nas últimas décadas, o aumento da utilização dos recursos hídricos fez com que a água se transformasse num bem cada vez mais caro e importante, tendência que, dadas as projecções que são feitas, certamente irá continuar no futuro.

Tendo como base a Tabela 1.1, pode-se concluir que o uso doméstico e urbano da água tem vindo a aumentar significativamente, e o total consumo de água aumentou para mais do dobro. Particularmente nas cidades, onde a água de rega em projectos de Arquitectura Paisagista é maioritariamente utilizada, a água é um recurso fundamental, provavelmente ao mesmo nível da energia e tão vulnerável como esta, sempre que haja a ameaça de escassez.

Assim, é necessário proceder a uma utilização sustentável dos recursos hídricos, isto é, a uma utilização que não coloque em risco o seu uso por parte das gerações futuras, que deverá passar pela noção de que a água tem valor nos mais variados sectores, nomeadamente a nível social, ambiental e económico. O valor social

“reconhece que a água é um bem de consumo essencial, ao qual todos devem ter acesso”; o valor ambiental “determina que a água é um recurso cuja sustentabilidade ambiental deve ser assegurada, para que o próprio princípio do valor social não seja colocado em causa”; e o valor económico “evidencia que a água é um recurso escasso, cuja utilização deve ser economicamente eficiente, ou seja, em que os benefícios resultantes da sua utilização devem ser capazes de compensar a totalidade dos custos inerentes ao seu uso” (Avillez & Silva, 2011).

Tabela 1.1: Consumos de água no Mundo nos anos 1967 e 2000 (Fonte: Palomo, 2003).

| | TOTAL 1967 (milhões de m³) | TOTAL 2000 (milhões de m³) | % de crescimento anual projectado | 1967 (%) | 2000 (%) |
|---------------------------|--|--|--|---------------------|---------------------|
| Agricultura | | | | | |
| Regas | 1.400.000 | 2.800.000 | 2.1 | 70 | 51 |
| Pecuária | 58.800 | 102.200 | 1.7 | 3 | 2 |
| Uso doméstico e rural | 19.800 | 38.800 | 2.0 | 1 | 1 |
| Outros | | | | | |
| Uso doméstico e urbano | 73.300 | 278.900 | 4.1 | 4 | 5 |
| Indústria e minas | 437.700 | 2.231.000 | 5.0 | 22 | 41 |
| TOTAL | 1.989.300 | 5.450.000 | 3.1 | 100 | 100 |

A água é um elemento fulcral na valorização dos espaços verdes. Tal como refere a Arquitecta Paisagista Kathryn Gustafson, duas das primeiras questões sempre que se depara com um novo projecto são “Onde está a água? Há água?” (Gustafson, 2011). A sua importância constata-se não só através dos elementos de água, mas também devido à rega. A qualidade estética e paisagística de um espaço verde pode estar muito dependente da sua manutenção e gestão, e por conseguinte da rega, e é através desta que se consegue aumentar a capacidade de carga dos sistemas verdes ao desgaste imposto pelos utentes.

É assim que, neste contexto de preocupações relativas à escassez de recursos hídricos e perante a constatação da importância da água como elemento de valorização do espaço exterior, se comprova a importância da implementação de Planos de Gestão de Rega em espaços verdes. Pode-se pois dizer que, nos dias de hoje, os Planos de Gestão de Rega devem ser considerados um dos componentes fundamentais de qualquer projecto de espaço verde. Assim, é indispensável que o Plano de Gestão de Rega seja elaborado de tal forma que forneça todas as directrizes relativas à rega necessárias para a adequada conservação do espaço verde projectado. Por outro lado, é também importante que o Plano de Gestão de Rega sensibilize o cliente, ou as entidades a quem compete a manutenção destes espaços, para as medidas que devem ser tomadas com vista a uma correcta gestão do processo de rega.

1.2 Objectivos

Este trabalho constitui um estudo preliminar de Planos de Gestão de Rega em espaços verdes, do ponto de vista do arquitecto paisagista, não se pretendendo assim apresentar uma análise aprofundada das técnicas de engenharia associadas à rega. Com base no estudo feito, e considerando sobretudo a bibliografia analisada, constatou-se que, no âmbito da Arquitectura Paisagista, as referências a Planos de Gestão de Rega aplicam-se na sua grande maioria a tipologias de espaço que implicam um elevado consumo deste recurso, nomeadamente a campos de golfe. Reconhecendo este facto, o presente trabalho visa a sua aplicação a outras tipologias de espaços verdes. Assim, os objectivos principais desta tese são:

1. A análise da importância dos Planos de Gestão de Rega em projectos de Arquitectura Paisagista em geral, dando particular ênfase ao controlo que estes exercem sobre os consumos de água na actual conjuntura de preocupações relativas a recursos hídricos.
2. O estudo dos procedimentos necessários e das variáveis a ter em conta na elaboração de um Plano de Gestão de Rega que o arquitecto paisagista deverá considerar quando projecta um espaço verde.

1.3 Estrutura e Metodologia da Tese

Para o cumprimento dos objectivos traçados, a tese foi estruturada em 7 capítulos.

No primeiro capítulo apresenta-se o enquadramento da tese, bem como os seus objectivos, estrutura e metodologia. O segundo e terceiro capítulos estão relacionados com o primeiro objectivo da tese.

No segundo capítulo é analisada a importância dos recursos hídricos na paisagem desde as sociedades mais antigas até aos dias de hoje. No terceiro capítulo são definidos os Planos de Gestão, Planos de Gestão Ambiental e Planos de Gestão de Rega, de modo a enfatizar a importância destes últimos para qualquer projecto de Arquitectura Paisagista em que a rega seja aplicada e é também feita uma comparação entre os Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista e na Agricultura.

O quarto, quinto e sexto capítulo referem-se ao segundo objectivo da tese. Após uma breve análise constata-se que é necessário utilizar uma abordagem estruturada para gerir correctamente um processo tão dinâmico como a rega. Neste trabalho, optou-se por recorrer a uma metodologia geralmente utilizada pelos Planos de Gestão de Rega dos campos de golfe e extrapolá-la com vista à sua aplicação a outros projectos de Arquitectura Paisagista. Esta metodologia considera que o Plano de Gestão de Rega é composto por quatro etapas em constante repetição, num processo de melhoria contínua. Estas etapas são o Planeamento, a Implementação, a Monitorização e a Avaliação (Figura 1.1).



Figura 1.1: Etapas do Plano de Gestão de Rega (Fonte: Ribeiro, 2009).

Com base neste método os capítulos referidos analisam as etapas representadas na Figura 1.1. O quarto capítulo é dedicado ao Planeamento, estudando todos os aspectos que se devem ter em conta para a correcta decisão da rega. O quinto capítulo refere-se à Implementação, sendo analisados os automatismos dos sistemas de rega e em seguida a programação propriamente dita. No sexto capítulo são apresentados os processos de Monitorização e consequente Avaliação, com vista à optimização da rega.

O sétimo capítulo inclui um trabalho prático em que se aplicam alguns dos princípios expostos anteriormente. Finalmente, apresentam-se as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA PAISAGEM: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA

2.1 A Água na Origem das Primeiras Civilizações

A história da civilização humana está interligada com a história da utilização dos recursos hídricos. Tal como com os animais e as plantas, o Homem teve de aprender a controlar a água livre e selvagem. O acesso à água é assim um factor essencial no crescimento de uma civilização, e a história dá-nos evidência disto: civilizações como a egípcia ou a romana foram crescendo em torno do seu acesso à água, sendo esta uma fonte de sobrevivência e expansão.

As primeiras comunidades agrícolas emergiram onde as plantações podiam ser cultivadas, dependentes das chuvas e dos rios perenes. As mais antigas civilizações de que há conhecimento sucederam-se em “regiões mais ou menos áridas fertilizadas por cheias de grandes rios; eram as chamadas civilizações hidráulicas”. Nestas “o Homem tirava partido de três factores fundamentais: a terra, a água e a radiação solar” (Raposo, 1996). Consideram-se civilizações hidráulicas, entre outras as civilizações Suméria, Babilónica e Assíria (na Mesopotâmia) que se desenvolveram graças aos Rios Tigre e Eufrates, a civilização Egípcia apoiada pelo Vale do Nilo e a civilização Chinesa fomentada pelo Rio Amarelo.

Houve assim uma passagem de uma “longa noite” de caçador-recolector para as fases seguintes de agricultura pluvial, hidroagricultura e agricultura hidráulica.

Estima-se que o Homem se iniciou nas práticas de rega cerca de 5500 a.C., os vestígios encontram-se em vários pontos do Crescente Fértil, nomeadamente na região do Cusistão e a Norte do Golfo Pérsico. Nestes locais as ruínas que indicam a ocorrência de agricultura apontam também para a existência de práticas de rega, uma vez que, por se tratarem de regiões áridas, há necessidade de rega para que a agricultura se possa desenvolver.

Numa primeira fase das civilizações hidráulicas não havia propriamente rega; os agricultores limitavam-se a semear directamente nas terras de boa qualidade deixadas pelas cheias dos rios, sem recorrerem a quaisquer dispositivos para elevar a água. Mais tarde, o Homem aprendeu a conviver com as cheias e a dominar e tirar partido das águas através da realização de grandes empreendimentos, como diques, reservatórios, canais, etc., criando tarefas relacionadas com o aproveitamento das águas que envolviam toda a comunidade.

Refira-se que muitos dos actuais sistemas de rega são utilizados pelo Homem há muitos séculos, como por exemplo, “o processo dos canteiros pelos egípcios e chineses, a rega subterrânea pelos astecas e birmaneses, as regadeiras de nível

pelos celtas e lusitanos e, possivelmente a rega por aspersão pelos babilónios (nos famosos Jardins Suspensos)” (Raposo, 1996).

Portanto, a manipulação da água proporcionou o surgimento e desenvolvimento das civilizações e consequentemente deu origem a um novo tipo de paisagem, em que o factor antropogénico se fazia sentir com mais intensidade. Mas, nesta fase inicial toda a paisagem estava ainda fortemente dependente das disponibilidades hídricas do local.

2.2 A Contribuição dos Romanos e dos Árabes no Desenvolvimento da Engenharia Hidráulica

Na maioria dos casos, os desenvolvimentos no âmbito da rega que se verificaram nas civilizações hidráulicas difundiram-se por todo o globo, num processo relativamente lento. “Este atraso foi em grande parte devido ao facto de nas regiões húmidas a rega ter levado muito mais tempo para ser praticada, só se tendo processado já nos últimos séculos, quando o homem verificou as suas vantagens como complemento das precipitações naturais, dando origem às chamadas regas de complemento” (Raposo, 1996).

À medida que as cidades se foram expandindo gradualmente, a água foi sendo trazida de locais cada vez mais remotos, sendo produzidos sofisticados trabalhos de engenharia, tais como barragens e aquedutos. No tempo do Império Romano, nove grandes sistemas, com traçados inovadores de tubagens e esgotos bem construídos, forneciam aos habitantes de Roma tanta água por pessoa como aquela que é hoje facultada em muitas partes do mundo industrial. Os romanos, para além de utilizarem a água para fins agrícolas e domésticos, “regavam também com o maior cuidado os pequenos jardins com que embelezavam as suas *villas urbanas*” (Raposo, 1994b).

Em Portugal, a retenção de água em barragens para servir populações e para a agricultura começou na época romana. A maioria das barragens e comportas existentes datam provavelmente deste tempo. Mas estes não foram os únicos aproveitamentos hidráulicos realizados; o uso de aquedutos para transportar água para assentamentos começou também neste período, e vestígios destas construções foram encontrados em Lisboa, Évora, Coimbra, Alcácer do Sal, Chaves e Idanha-a-Velha. O aqueduto romano mais conhecido em Portugal é o de Conímbriga, que data dos dias do Imperador Augustus.

Para além das barragens, comportas e aquedutos, os romanos destacaram-se também pela realização de outras obras hidráulicas; eles são responsáveis por “açudes, poços, tanques, cisternas e canais. Estes empreendimentos, cuja tecnologia,

segundo parece, teriam em parte aprendido com os gregos, tinham em vista quer a rega quer o abastecimento de água às vilas e cidades, com frequência as duas finalidades simultaneamente”. No território português, a acção dos romanos reflectiu-se ainda na introdução e desenvolvimento de variados tipos de dispositivos para a elevação de água, tanto para a rega, como para abastecimento doméstico. “Estão neste caso, a picota (ou cegonha) que, segundo parece, já era utilizada no reino tartéssico e conhecida no Algarve (tal como a nora) desde o tempo dos cartagineses, as rodas hidráulicas e as rodas de tirar água movidas pelo homem, alguns tipos de nora, os engenhos de buchas, etc.” (Raposo, 1994b).

Assim, os romanos, como resultado do incremento na manipulação dos recursos hídricos que introduziram na região provocaram grandes alterações na paisagem. A agricultura expandiu-se por toda a Península Ibérica e passou a ser parte integrante do território.

Mais tarde, a crise no Império Romano possibilitou a entrada na Península Ibérica dos bárbaros, assim chamados pelos romanos, devido ao seu primitivismo. Durante este período não houve evoluções nas técnicas de regadio e aproveitamento hidráulico. Só mais tarde, no século VIII, quando o exército árabe ocupou todo o território português, se voltaram a registar desenvolvimentos a esse nível. “Os árabes foram, pois, notáveis no campo do regadio, cuja tecnologia tiveram que desenvolver para poderem incrementar as áreas regadas. Começavam por ser especialistas na arte de abrir poços”, e a partir deles constituíam os seus regadios. Para equipar os regadios, os árabes introduziram na Península Ibérica alguns dispositivos de elevação de água, como por exemplo “as noras de eixo curto, que são as mais indicadas para instalar nos poços, que exploravam em larga escala no território português. Além disso, difundiram muitíssimo outros tipos de aparelhos elevatórios já existentes na Península; estão neste caso as picotas, as noras de eixo comprido, as rodas de elevar a água, etc”. Durante os cerca de 500 anos seguintes em que teve lugar a reconquista cristã, não se verificaram desenvolvimentos na utilização de recursos hídricos, e toda a paisagem agrícola foi destruída como consequência do território se ter transformado num campo de batalha; só mais tarde no século XIII, se recuperaram os princípios de regadio herdados dos romanos e árabes e a população se voltou a focar na agricultura. O aproveitamento de recursos hídricos era feito em regime comunitário, através “de uma poça (reservatório mais ou menos rudimentar), quase sempre ligado a uma nascente ou uma mina, e por uma série de levadas (constituídas por canais normalmente não revestidos), dispostas nas encostas aproximadamente segundo as curvas de nível” (Raposo, 1994b).

Após este período de prosperidade “seguiu-se, a partir de cerca de 1310, uma crise na agricultura portuguesa que se manteve durante a fase final do reinado do rei Lavrador e praticamente passou para os séculos seguintes” (Raposo, 1994b).

Não se registaram desenvolvimentos de maior destaque ao nível da utilização dos recursos hídricos até ao século XIX, período em que teve lugar a revolução industrial e um grande aumento populacional. Assim, como já foi referido anteriormente, os princípios da Antiguidade mantiveram-se em muitos aspectos até aos dias de hoje.

Contudo, o Homem não se limitou à construção de elementos para beber, captar, transportar, controlar e utilizar a água; também criou estruturas para exibição da água, permitindo que a possamos apreciar do ponto de vista estético.

2.3 A Valorização da Água como Elemento Estético: Período Posterior ao Século XIV

Os elementos de água artificiais surgiram na paisagem desde muito cedo. Inicialmente, o seu objectivo era sobretudo simbólico e místico mas, no século XIV, com o despontar do Renascimento e, por conseguinte, dos princípios segundo os quais o Homem possuía uma localização central no Universo, o valor estético atribuído à água adquiriu uma renovada importância. Assim, durante este período, os elementos de água artificiais atingiram uma nova magnitude na paisagem. Por exemplo, a Villa D'Este em Tivoli, que se trata do mais sumptuoso e espectacular jardim do Renascimento em Itália, tinha presente variados elementos de água, alguns de grande exuberância que reforçavam a ideia de dominância do Homem sobre a paisagem; para além disso, em todo o espaço estava também presente um som de fundo de água que resultava de uma conduta proveniente do rio Aniene. Outro exemplo da importância dos elementos de água nos espaços projectados durante o Renascimento é na Villa Lante em Bagnaia, desenhada por Vignola em 1566, que tem como clímax do seu espaço os jardins de água centrípetos. No entanto, os desenvolvimentos no que concerne à utilização dos recursos hídricos ainda não possibilitavam que estes elementos de água pudessem ser usufruídos em locais muito distantes da fonte (Jellicoe & Jellicoe, 1995).

Posteriormente, procurou-se fugir à geometria básica do Renascimento, inspirada na noção de clássico finito, dando origem a novas formas de manipular a paisagem durante o Maneirismo que mais tarde, com o Barroco, atingiram a sua máxima expressão, com base no conceito de infinito e na ideia de que o Homem estava relacionado com o Universo como um todo. Passou a haver um forte sentido de composição e o jardim tornou-se, finalmente, num espaço teatral em que a água

estava presente sempre que possível e com desenhos cada vez mais complexos. Veneza, que determinava as suas formas com base na água e tinha os seus limites rodeados por lagos, era considerada a cidade Barroca ideal.

Na França dos séculos XVI e XVII, o desenho de jardins sofreu uma grande revolução pelas mãos de André Le Nôtre. A água passou então a ser utilizada devido à sua capacidade de reflexão que criava uma unidade entre o céu e o espaço circundante, e como elemento de arte, através de fontes, que criavam ritmo e pontuavam o espaço. Nesta fase, apesar da expansão da aplicação da água para fins decorativos por toda a França, a sua utilização estava ainda dependente da proximidade dos recursos hídricos. Por exemplo, o grande parque de Chantilly maioritariamente da autoria de Le Nôtre, só foi possível por se assentar sobre lençóis freáticos.

Mais tarde, no século XVIII, a influência francesa chegou a Espanha, no entanto sem o mesmo sentido de total organização que Le Nôtre atribui à arte de projectar espaços verdes em França. Um exemplo desta influência no que concerne a elementos de água é a cascata de La Granja que se trata de uma complexa escadaria de água, onde é visível a influência francesa na sua configuração romântica mas sem a mesma organização presente, por exemplo, no Parque de Chantilly. Inspirada na cascata de La Granja foi, posteriormente, construída a cascata artificial mais longa e extravagante da história que está em Caserta (Itália) criada pelo italiano L. Vanvitelli no ano de 1752. O Homem do século XVIII tinha prazer em sobrepor os ambientes natural e artificial, criando tensões entre eles e associando-os com harmonia. O exemplo perfeito desta situação está nas fontes barrocas de Roma e (especialmente) na fontana di Trevi, construída entre 1732 e 1762 com design dos arquitectos N. Salvi e G. Panini, e principalmente dos escultores Filippo della Valle e P. Bracci, tudo isto inspirado em Bernini. “Este grande monumento ao papismo e ao espírito do homem como centro do universo é o clímax das dificuldades para reter a panóplia e a dignidade do homem clássico num mundo em mudança. O triunfo é completo. Os designers criaram ordem e harmonia a partir do aparente caos das formas de rochas naturais, com design puro e abstracto. A Fontana di Trevi é um trabalho supremo de arte clássica na paisagem. É a afirmação final de um mundo de ideias cuja transformação já havia começado no Norte da Europa, um mundo em que a relação da natureza com o homem tem de ser de companheirismo e não de subordinação” (Jellicoe & Jellicoe, 1995).

Como é natural, para além da aplicação da água como elemento estético dos espaços públicos, esta continuou a ser utilizada como bem essencial para a sobrevivência das populações. Muitas vezes estes dois factores encontravam-se dando origem a monumentos com funções vitais e estéticas, ficando o Homem cada vez mais exigente e o seu gosto pela água cada vez maior.

Em Portugal, fontes e tanques ornamentais proliferaram sobretudo a partir do século XVIII nos jardins de numerosos palácios e mosteiros, nomeadamente no palácio de Mateus (Vila Real) construído por Nicolau Nasoni entre 1739 e 1743, no palácio de Mitra (nos arredores de Évora), no palácio de Queluz, etc. As fontes e tanques ornamentais foram-se expandindo cada vez mais em Portugal dando, anos mais tarde, origem à criação de estruturas específicas que mostravam a água em movimento; exemplos disso são: a queda de água Fonte Fria no Buçaco, construída em 1866 ou a Fonte Luminosa em Lisboa, uma das maiores obras do Estado Novo.

Portanto, a água como elemento de valorização dos espaços exteriores surge não só através da rega mas também a partir de elementos de água. A presença da água na paisagem, que inicialmente apenas se verificava nos locais em que os recursos hídricos assim o possibilitavam, foi-se apresentando em espaços cada vez mais distantes da sua origem. Isto resultou sobretudo da evolução tecnológica, que foi progredindo gradualmente ao longo dos séculos mas, com a Revolução Industrial o avanço no âmbito da dinamização dos recursos hídricos foi tal que a água passou a estar presente na paisagem em soluções muito afastadas do desenho sustentável (Jellicoe & Jellicoe, 1971). Esta situação será analisada em seguida.

2.4 A Água como Elemento de Valor Ecológico: da Revolução Industrial à Actualidade

No período da Revolução Industrial, as obras de rega adquiriram uma nova dimensão pois, com a explosão da população nos séculos XIX e XX, a necessidade de água aumentou dramaticamente. Foram desenhadas milhares de construções sem precedentes, de projectos monumentais de engenharia, para controlar os movimentos de água, proteger os suplementos de água limpa, e providenciar a água para rega. Este poder sobre a água trouxe benefícios a centenas de milhares de pessoas (Gleick, 2001). Nomeadamente, no que se refere à projecção de espaços verdes, os progressos na exploração dos recursos hídricos possibilitaram a criação de jardins em novos locais.

Em Portugal, este desenvolvimento das obras hidráulicas também se fez sentir, e o uso de água para rega deixou de ser uma preocupação a nível unicamente local. “É através do decreto de 5 de Dezembro de 1892 que pela primeira vez são definidas de maneira muito precisa as condições de participação do Estado nas obras de rega. Até lá, somente os proprietários de direitos de água e as administrações locais tinham possibilidade de exercer controlo sobre o funcionamento da rega” (Conac, 2000).

Contudo, este aumento da acessibilidade da água não se verificou à escala mundial: apesar do progresso, metade da população mundial continua a sofrer com serviços de água inferiores aos disponíveis na Grécia e Roma Antiga (Gleick, 2001). O crescimento das populações no mundo em desenvolvimento intensifica a pressão nos limitados suplementos de água. E mesmo nos países desenvolvidos, nas últimas décadas, os problemas relativos aos recursos hídricos se fazem sentir: “os problemas dos recursos hídricos na Europa mudaram drasticamente nas últimas décadas, pois muitas regiões passaram de uma situação de abundância e baixo custo dos recursos, para outra situação em que estes começam a escassear, com o seu preço a aumentar rapidamente e a poluição a desenvolver-se de forma preocupante.” Em particular, no caso de Portugal, “prevê-se que a escassez de água seja maior na região mediterrânica, devido a Verões mais secos e quentes. A humidade do solo poderá diminuir de 20 a 50% no Sul da Europa e aumentar em regiões de latitude média ou elevada” (Ribeiro, 1994).

Os problemas dos recursos hídricos podem ser considerados sob duas perspectivas diferentes: a dos danos ocasionados pela água, ou mais especificamente pela falta dela, e a dos danos causados à água relacionados, mais precisamente com a sua poluição (Ribeiro, 1994).

As preocupações relativas aos recursos hídricos têm vindo a crescer e a mudar de conteúdo nos últimos séculos. “Até meados dos anos sessenta, as principais preocupações relacionavam-se com a quantidade de água, pretendendo-se que a água estivesse disponível em quantidade suficiente, onde e quando fosse necessária. Durante a década que se seguiu, a qualidade da água passou a constituir a preocupação principal. Por fim, nos anos oitenta, a atenção focou-se no desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, o que implica que a água tenha de ser preservada e, se necessário, recuperada” (Ribeiro, 1994).

Nos últimos dois séculos as preocupações passaram de um nível puramente local para um nível regional ou, em certos casos, global. Na verdade, hoje em dia, os problemas dos recursos hídricos podem ocorrer em diferentes escalas: “à escala local (fenómenos localizados em sistemas de recursos hídricos); à escala regional (poluição das águas superficiais ou subterrâneas, cheias, secas, eutroficação); à escala continental (chuvas ácidas, desertificação); ou à escala global (consequências do aquecimento global e das alterações climáticas nos recursos hídricos). Na generalidade, pode afirmar-se que a escala regional é a mais apropriada para abordar os problemas dos recursos hídricos, tendo em conta que as bacias fluviais são a unidade básica natural para a gestão desses recursos” (Ribeiro, 1994).

Assim, os problemas relativos à gestão dos recursos hídricos têm sido a causa de preocupações crescentes para os responsáveis pelas decisões e para os planeadores, cientistas e técnicos dos diversos domínios relevantes para o estudo dos problemas da água, e também para a população em geral. Deste modo, o foco tem mudado lentamente para as necessidades básicas humanas e ambientais, sendo esta a primeira prioridade, assegurando “alguma para todos – em vez de alguma para alguns”, tal como disse Kader Asmal, antigo ministro para os assuntos da água e da floresta na África do Sul (Gleick, 2001).

Este cenário “cria uma grande pressão e responsabilidade sobre as actividades dependentes do uso de água.” (Jellicoe & Jellicoe, 1995). No caso da rega em espaços verdes isso manifesta-se não só pela necessidade de assegurar o abastecimento e minimizar o consumo da água, mas também pela necessidade de preservar a sua qualidade e controlar os gastos económicos (Ribeiro, 2009).

Na verdade, o apelo subconsciente para retornar à água parece aumentar quanto mais o dia-a-dia se afasta dos nossos primórdios (Zazueta *et al.*, 1994). Isto faz com que em vez de prosseguir novos e distantes recursos de água, os planeadores estejam a começar a explorar o uso de tipos alternativos de água para responder a certas necessidades, como por exemplo a implementação de elementos captadores de águas de chuva nos espaços verdes, que irão conduzir esta água para os sistemas de rega (Gleick, 2001).

Hoje em dia, é universalmente reconhecida a importância da água a nível ambiental, social e económico. “Na verdade, as utilizações da água – tais como as relacionadas com as utilizações domésticas, a rega, a produção de energia, a navegação, a pesca, as actividades de recreio, a protecção do ambiente e a eliminação de resíduos – são essenciais para o desenvolvimento económico e social ” (Ribeiro, 1994).

Para que se possa responder a estas novas questões ambientais relativas aos recursos hídricos, mas fazendo com que estes não impeçam o desenvolvimento económico e social, é importante tentar avaliar as consequências das variações climáticas para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos. Isto tem em vista identificar as possíveis dificuldades que os responsáveis pela sua gestão terão de enfrentar e, finalmente, determinar como se deve modificar a actual gestão e os seus planos estratégicos. O objectivo é avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, de forma a auxiliar atempadamente os responsáveis pela sua gestão e planeamento, para que sejam tomadas as medidas que se impõem com vista a limitar as consequências negativas e a melhorar o aproveitamento dos impactos favoráveis. Este conjunto de acções designa-se por política de gestão dos recursos

hídricos, que irá ser aplicada em menor escala nos planos de gestão de rega (Ribeiro, 1994).

Assim, é essencial que na arte de projectar espaços verdes se encontre um equilíbrio entre o desenho sustentável e a criação de jardins em novos locais. É neste âmbito que os Planos de Gestão de Rega podem contribuir com vista à criação de projectos no sentido da sustentabilidade.

3. A IMPORTÂNCIA DOS PLANOS DE GESTÃO DE REGA EM PROJECTOS DE ARQUITECTURA PAISAGISTA

3.1 Planos de Gestão

Os Planos de Gestão do espaço verde são essenciais para que ele corresponda ao que foi inicialmente projectado, e para que mostre e transmita constantemente aos seus utilizadores “um aspecto cuidado e uma sensação agradável de bem-estar, tanto como efeito pedagógico sobre os comportamentos cívicos, como de respeito pelo sossego dos outros, oferecendo um espaço livre de lazer e de contemplação da paisagem criada como obra de arte que é” (Miller, 2006).

É por possuir um carácter evolutivo e dinâmico que o espaço verde deverá ser alvo de gestão durante toda a sua vida. A gestão vai assim fazer a ligação com a realidade, é a própria realidade, e daí a sua importância e o largo período de vigência e de aplicação (Palomo, 2003).

Para além da qualidade estética do espaço, o Plano de Gestão irá também controlar os gastos económicos e os impactos do projecto no ambiente, estes últimos através dos Planos de Gestão Ambiental.

3.2 Planos de Gestão Ambiental

No Plano de Gestão Ambiental é feita uma identificação e avaliação dos aspectos ambientais. A gestão ambiental deverá ser abrangente, estando incluída nas fases de construção e exploração de um projecto. “Considerando que o Sistema de Gestão Ambiental é um instrumento com carácter evoluído e dinâmico, a sua estrutura implementada no decorrer da fase de construção deverá evoluir naturalmente para a fase de exploração” (Almeida & Silva, 2009).

A prática da gestão ambiental é realizada muitas vezes por instrumentos, como a Agenda 21 Local, que se aplicam directamente nas cidades e se apoiam no princípio da subsidiariedade, que reconhece as autoridades locais como as mais próximas dos problemas, das pessoas, e de muitas soluções (Palomo, 2003).

A Agenda 21 é um documento apoiado por quase duas centenas de governos, entre os quais se inclui Portugal, e criado com o objectivo de unir temas como a protecção do ambiente, o desenvolvimento económico e a protecção social, podendo-se considerar um plano de acção global com o propósito de inspirar políticas governamentais, privadas e individuais a favor da sustentabilidade. A Agenda 21 Local

tem assim a função de aplicar os princípios da Agenda 21 a nível local (Agenda 21 Local).

A gestão ambiental pode ser definida como o esforço desenvolvido para minimizar ou eliminar qualquer efeito negativo provocado pelo espaço verde no ambiente. Assim, entre outros aspectos, a gestão ambiental terá em conta a gestão dos consumos de água, sendo então necessário implementar um Plano de Gestão de Rega que tem no controlo dos consumos de água um dos seus principais objectivos.

3.3 Planos de Gestão de Rega

O Plano de Gestão de Rega é a ferramenta que permite controlar a rega de um espaço verde. Os seus elementos centrais são os factores ambientais e os sistemas de rega, e é fundamental para a manutenção bem-sucedida da maioria dos projectos de Arquitectura Paisagista (Landphair & Klatt, 1988).

De um modo geral, os empreiteiros não recebem qualquer tipo de informação no que se refere às necessidades da vegetação, concebendo desenhos de sistemas de rega e definindo programações que se adequam unicamente a determinadas espécies, normalmente as que entendem terem maiores necessidades de água (Sandik, 2010). Esta situação pode dar origem a inúmeros problemas: excesso de consumo de água, provocando danos a nível ambiental; stress hídrico da vegetação, originando diminuição da qualidade da paisagem; necessidade de grandes medidas de correcção, acarretando grandes gastos em mão-de-obra; etc. Torna-se portanto essencial uma relação próxima entre o arquitecto paisagista e o empreiteiro responsável pelo plano de rega, que devem estar em contacto desde a concepção inicial do projecto até à sua futura manutenção.

Segundo Caldeira Cabral, “nós estamos a planear com materiais vivos e para pessoas vivas. A ciência poderá confirmar aquilo que a nossa intuição artística anteviu” (Cabral, 1993). Com base nesta premissa constata-se a importância dos Planos de Gestão de Rega num projecto de Arquitectura Paisagista, uma vez que se tratam de instrumentos que com base na ciência disponibilizam soluções para que um arquitecto paisagista possa defender o seu trabalho. Os Planos de Gestão de Rega são assim elementos fundamentais para o sucesso de um espaço verde. Para além da rede de rega inicialmente instalada ter como base as particularidades ambientais do local, devem também existir sistemas de controlo que se adaptam às necessidades, uma vez que qualquer espaço verde está aberto todos os dias do nascer ao pôr-do-sol (Miller, 2006).

Para melhor compreender a relevância dos Planos de Gestão de Rega num projecto de Arquitectura Paisagista é essencial conhecer os seus objectivos.

“O Plano de Gestão de Rega não deve criar mais peso no trabalho de manutenção mas, pelo contrário, deve ser desenvolvido apenas na medida em que as acções justificam os benefícios” (Ribeiro, 2009). Para que o projecto de Arquitectura Paisagista seja bem gerido é necessário que este tenha objectivos claros, que podem ser divididos em objectivos de qualidade, económicos e ambientais.

A aplicação da água de rega, de acordo com o definido nos seus Planos de Gestão é muito importante para que estes objectivos sejam atingidos. Relativamente aos objectivos de qualidade, nomeadamente à estética do espaço verde, a rega irá intervir para que se consiga uma produção de biomassa tal que a taxa de evolução da vegetação é grande e rapidamente se obtêm os efeitos estéticos desejados, ainda ao nível da estética a rega é importante para que a vegetação se adapte a diferentes densidades de uso do espaço. Quanto aos objectivos económicos, a adequada gestão da rega irá cooperar ao nível da diminuição dos gastos relacionados com os consumos de água e com a mão-de-obra. Por fim, os Planos de Gestão de Rega vão também contribuir ao nível dos objectivos ambientais, devido ao controlo que exercem sobre os consumos hídricos, e em menor escala sobre os consumos energéticos do projecto.

Definidos os objectivos, que serão a base da decisão de rega, é necessário verificar a eficiência do sistema, determinar se estes estão ou não a ser cumpridos, isto é, se a implementação do Plano de Gestão de Rega está a ser bem-sucedida. Portanto, o Plano de Gestão de Rega deve incidir, constantemente, sobre duas vertentes: a decisão e a eficiência.

A decisão de rega é feita com base na resposta às perguntas: “Quanto regar? Como regar? Quando regar?” (Ribeiro, 2009). Estas são consideradas as três questões fundamentais a que um Plano de Gestão de Rega deverá ter em conta e só através da resposta a estas perguntas será possível obter um espaço verde saudável.

A eficiência da rega, por sua vez, será avaliada com base nos dados resultantes de monitorizações, que são essenciais, pois de nada serve uma boa decisão se o que acontece na prática é algo substancialmente diferente (Ribeiro, 2009).

Para que os objectivos do Plano de Gestão de Rega sejam alcançados pode-se optar pela metodologia referida na secção 1.3 e que será desenvolvida nos próximos capítulos 4, 5 e 6.

3.4 Os Objectivos dos Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista e na Agricultura – Uma Análise Comparativa

Os Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista e na Agricultura apresentam muitas semelhanças, mas também algumas diferenças. Para melhor compreender os objectivos dos Planos de Gestão de Rega aplicados à Arquitectura Paisagista segue-se uma análise comparativa (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Comparação entre os objectivos dos Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista e na Agricultura.

| Objectivos dos Planos de Gestão de Rega em Arquitectura Paisagista | Objectivos dos Planos de Gestão de Rega na Agricultura |
|--|--|
| <u>Qualidade</u> <ul style="list-style-type: none">• Estética do material vegetal• Adaptação a diferentes densidades de uso | <u>Qualidade</u> <ul style="list-style-type: none">• Da cultura produzida |
| <u>Económicos</u> <ul style="list-style-type: none">• Menores gastos em consumos de água• Menores gastos energéticos• Menores gastos em mão-de-obra | <u>Económicos</u> <ul style="list-style-type: none">• Maximização da produção• Menores gastos em consumos de água• Menores gastos energéticos• Menores gastos em mão-de-obra |
| <u>Ambientais</u> <ul style="list-style-type: none">• Controlo sobre os consumos hídricos• Controlo sobre os consumos energéticos• Minimização da poluição por fertilizantes e pesticidas (herbicidas) | <u>Ambientais</u> <ul style="list-style-type: none">• Controlo sobre os consumos hídricos• Controlo sobre os consumos energéticos• Minimização da poluição por fertilizantes e pesticidas (herbicidas) |

Portanto, relativamente à qualidade, os objectivos são muito distintos. Por um lado, em Arquitectura Paisagista procura-se não só a produção de biomassa para que a estética do espaço verde corresponda rapidamente ao que foi projectado, mas também a

adaptação do espaço verde aos diferentes níveis de desgaste imposto pelos utentes, pois é através da rega que este se adapta a diferentes capacidades de carga. No entanto, na Agricultura os objectivos centram-se na qualidade da cultura que será produzida, o que estará dependente do fim a que se destina.

Quanto aos objectivos económicos, ambos os Planos de Gestão de Rega têm como finalidade a diminuição dos gastos em consumos de água, energia e mão-de-obra, mas na Agricultura o principal objectivo económico é a maximização da produção. Neste caso, através da gestão de rega, devem-se otimizar os rendimentos minimizando os custos de investimento e exploração, isto é, reduzir os consumos sem redução da produção.

Por fim, no que se refere aos objectivos ambientais, ambos os Planos de Gestão de Rega têm como finalidade uma maior sustentabilidade que será adquirida com o controlo sobre os consumos hídricos e energéticos.

4. CRITÉRIOS DE PLANEAMENTO

Nesta fase do Plano de Gestão de Rega são dadas respostas às perguntas fundamentais que estão na base da decisão de rega; “quanto regar?”, “como regar?” e “quando regar?”. Estas questões são respondidas, não só, através da análise dos aspectos ambientais, nomeadamente de factores como a água, o clima, o solo e a planta, que vão contribuir para a definição de hidrozonas, mas também através do estudo das condicionantes para a instalação de sistemas de rega eficientes.

4.1 Aspectos Ambientais

4.1.1 Factor Água

A água deve ser analisada na perspectiva da sua quantidade e da sua qualidade. A quantidade de água disponível para a planta é o principal factor ambiental a ter em conta para a decisão de rega e todos os restantes factores estão directa ou indirectamente relacionados com este. As plantas necessitam de água na medida em que é esta que transporta os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento celular e crescimento. A água no solo disponível à planta vai mover-se desde os pêlos da sua raiz até às folhas. Quando esta não é suficiente, é necessário manter uma rega saudável da paisagem para que a planta não entre em stress hídrico. A vegetação entra em stress hídrico quando a quantidade de água disponível no solo é inferior à necessária, ou a evaporação através da superfície das folhas excede a taxa a que a água é transportada da raiz às folhas (Irrisoft, 2004). Neste cenário, a vegetação irá apresentar danos que variam de acordo com a espécie, a idade, a profundidade da raiz, a natureza do solo, etc. Por exemplo, no caso das árvores a falta de água produz clorose. Este fenómeno manifesta-se através de manchas secas e tons avermelhados nas folhas e pode ainda ser sucedido por necroses nos seus bordos. Pelo contrário, o excesso de água pode originar asfixia radicular devido à falta de oxigénio.

Quando se projecta um espaço verde de raiz é importante estimar quais serão as suas necessidades de água anuais e nos meses de ponta.

Os sistemas de rega são necessários apenas para a vegetação que pode apresentar necessidades hídricas, e estas devem ser previstas com exactidão para que não surjam problemas de excesso. “A necessidade de rega surge quando a quantidade de água no solo é insuficiente para a planta se desenvolver da forma que se pretende. Nestas condições, a humidade do solo torna-se limitante e surge a necessidade de regar. Para que a rega seja eficiente, esta deve repor, tanto quanto possível, apenas a

água necessária para que as plantas tenham o desenvolvimento desejado. Esta precisão implica que haja um bom conhecimento da quantidade de água que deve ser aplicada” (Ribeiro, 2009).

Para obter uma medida mais exacta da quantidade de água a aplicar, os métodos actuais de cálculo das necessidades de rega têm quase sempre em conta o valor da evapotranspiração. A evapotranspiração, ET , é o fenómeno através do qual a água é perdida de duas maneiras. Primeiro, por evaporação a partir do solo ou da superfície da folha e segundo, por transpiração da planta, em que a água sobe, é utilizada e depois eliminada através da folhagem.

Em Portugal para calcular as necessidades de rega, utiliza-se geralmente a metodologia publicada pela FAO, no *Irrigation and Drainage Paper n° 56* (Ribeiro, 2009). Daqui resulta:

$$NR = ET_C - P_e, \quad (4.1)$$

em que: NR – Necessidade de Rega; ET_C – Evapotranspiração Cultural; P_e – Precipitação Efectiva. Esta expressão tem origem no facto de a água no perfil do solo se perder através da evapotranspiração e entrar através da precipitação.

Quanto à precipitação, para calcular as necessidades hídricas da vegetação apenas se tem em conta a precipitação efectiva, pois com efeito “nem toda a água que resulta da precipitação fica disponível para as plantas; para a estimativa da necessidade de rega terá que ser apenas contabilizada a Precipitação Efectiva (P_e)” (Ribeiro, 2009). Relativamente à evapotranspiração cultural esta é influenciada por parâmetros climáticos tais como a humidade relativa, a temperatura do ar, a velocidade do vento, a radiação solar e ainda pelas características específicas da cultura. Os factores climáticos e a sua influência no processo de evapotranspiração, juntamente com a precipitação, serão mais aprofundados na secção do Factor Clima (4.1.2).

O valor da evapotranspiração cultural (ET_C) pode ser obtido através da expressão:

$$ET_C = ET_0 \times K_C, \quad (4.2)$$

em que: ET_0 – Evapotranspiração de Referência; K_C – Coeficiente Cultural.

A Evapotranspiração de Referência é a água perdida pelo solo atendendo às condições meteorológicas características, “define-se como a taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, para a qual se assume uma altura de 0,12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s.m^{-1} e um albedo 0,23, semelhante à evapotranspiração de um extenso coberto de relva verde de altura

uniforme, em crescimento activo, cobrindo totalmente o solo e bem abastecido de água”, (Pereira, 2000; Sanjiao, 2010). Para calcular este valor pode-se utilizar o Método Penman-Monteith, que, por ser demasiado técnico, não será abordado neste trabalho. Se o sistema de controlo da rega for automático ou semi-automático, este irá, muito provavelmente, incluir software com um modelo de cálculo do valor da Evapotranspiração de Referência, com base nos dados fornecidos pela estação meteorológica (aspecto que será mais desenvolvido na secção 5.1 relativa à automatização dos sistemas de rega). Por sua vez, o Coeficiente Cultural é o factor de correcção do ET_0 tendo em conta as características da cultura; “é uma medida que pretende modelar um fenómeno, a perda de água do sistema solo/planta, que varia diariamente e em função de uma grande diversidade de factores” (Ribeiro, 2009). Os valores do Coeficiente Cultural alteram-se de acordo com as fases de crescimento das plantas; o seu ciclo de vida inclui o estabelecimento, o desenvolvimento e a dormência, e cada uma destas fases possui valores de K_C muito diferentes.

Recentemente, para o cálculo da evapotranspiração nos espaços verdes introduziu-se o conceito de coeficiente de paisagem, K_L , em substituição de K_C . O K_L revela-se um factor de ajustamento mais adequado a espaços verdes por ter em consideração as características da vegetação, o microclima, a densidade de plantação e o stress hídrico a que o material vegetal está sujeito (Afonso, 2007). Assim, o K_L pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$K_L = K_V \times K_{MC} \times K_D \times K_{SM} \quad (4.3)$$

em que: K_L - Coeficiente de Paisagem Específico; K_V – Coeficiente de Vegetação; K_{mc} – Coeficiente Microclimático; K_d – Coeficiente de Densidade da Vegetação; K_{SM} – Coeficiente de Stress Admitido. Estes coeficientes são adimensionais e possuem valores de referência que podem ser consultados no Anexo deste trabalho (Tabelas A1, A2, A3 e A4). Tal como o valor de K_C é substituído por K_L nos espaços verdes, também a sigla ET_C deverá ser substituída por ET_L . Assim, e tendo em conta a equação (4.2), a evapotranspiração da paisagem deve ser obtida através da seguinte expressão:

$$ET_L = ET_0 \times K_L. \quad (4.4)$$

A qualidade da água deve também ser tida em conta, devido à sua influência na planta, no solo e ainda no bom funcionamento do sistema de rega.

Em Portugal são frequentemente utilizadas águas provenientes de ETAR's "o que implica não só a existência de um tratamento terciário, como também um rigoroso controlo da qualidade da água. Para além dos investimentos em infra-estruturas, o uso de água reciclada implica uma adaptação das práticas de manutenção" (Ribeiro, 2009). Após tratamento e controlo, as águas podem ser utilizadas para os mais variados fins, entre os quais a rega de espaços verdes (Palomo, 2003).

A água para rega na cidade apresenta frequentemente problemas devido a valores extremos de pH, ao excesso de sódio e ao excesso de condutividade. Para além disso, ainda se podem encontrar várias impurezas tais como sal, gás, óleo, metais pesados, ferro, sulfureto e carbonato de cálcio.

Relativamente à quantidade de sal, quando é igual ou maior do que 500 ppm geralmente não se recomenda para água de rega. Mas se a acumulação de sal for lavada da zona da raiz por rega periódica forte e as plantas forem resistentes às queimaduras do sal, será possível regar com águas muito salinas, podendo o conteúdo de sal atingir cerca de 800-900 ppm.

De um modo geral, as impurezas da água podem gerar problemas como descoloração da folhagem, paredes e superfícies pavimentadas, corrosão de partes metálicas no sistema de rega e entupimento dos bicos de aspersão (Landphair & Klatt, 1988).

Portanto, em qualquer projecção de espaço verde é muito importante saber qual a qualidade da água disponível para a rega. Para além disso, a qualidade deve também ser aferida para possíveis jogos de água que possam ser projectados. O conhecimento profundo do meio hídrico na projecção em Arquitectura Paisagista é assim inteiramente necessário, tanto para evitar impactos negativos, como para favorecer as medidas que permitem à cidade ganhar um atractivo, jogando com o papel recreativo que a água pode proporcionar a um espaço, com todo o acompanhamento ecológico e ambiental que comporta (Palomo, 2003).

4.1.2 Factor Clima

Como se pôde constatar na secção anterior relativa ao factor água há várias características climáticas nomeadamente a precipitação, a humidade na atmosfera, a temperatura do ar, a velocidade do vento e a radiação solar, que afectam as necessidades hídricas e por conseguinte, a decisão de rega. Logo, pode-se depreender que, perante diferentes condições climáticas, as necessidades de rega se vão alterar.

A quantidade e distribuição anual de precipitação têm grande influência nas variações das necessidades hídricas da vegetação, tal como se pode constatar na equação (4.1). A precipitação efectiva é a quantidade de água proveniente da precipitação que

vai estar disponível para as plantas, e esta irá depender da quantidade, intensidade e duração de cada chuvada, assim como do tipo de solo, da sua capacidade para retenção de água e taxa de infiltração, do tipo de planta, da profundidade da sua raiz e da quantidade de água disponível na zona da raiz antes da chuvada (Irrisoft, 2004).

A humidade atmosférica irá afectar as necessidades hídricas da vegetação através da sua influência no processo de evapotranspiração. Em locais com uma reduzida humidade do ar, ou seja, em ambientes secos, a evapotranspiração será maior do que em ambientes húmidos, isto porque em condições secas é maior o défice de pressão de vapor.

Relativamente à temperatura do ar, esta irá exercer influência sobre a evapotranspiração, porque o ar aquecido próximo das plantas e do solo transfere energia na forma de fluxo de calor sensível, provocando o aumento da taxa de evapotranspiração. Portanto, quanto maior for a temperatura do ar maior será a taxa de evapotranspiração e, por conseguinte, maiores serão as necessidades hídricas das plantas.

Os danos na vegetação como consequência de uma baixa temperatura ambiente “dependem da idade das plantas, variedade, natureza do solo, etc. É necessário ter em conta a sensibilidade das espécies no momento de efectuar as plantações” (Brochard, 1999), uma vez que um vegetal é, predominantemente, composto por água, o frio tem uma acção destrutiva sobre ele e pode gelar as suas células sendo a causa da sua morte. Assim, é essencial ter conhecimento de quais são as condições extremas de frio no local, não só para seleccionar a vegetação, mas também para seleccionar o tipo de sistema de rega, pois este, tal como as plantas, pode sofrer danos irreversíveis devido ao frio, especialmente se for de plástico, partes do sistema podem gelar e estragar-se sem retorno. Logo, se estivermos perante um local que alcança valores de temperatura muito baixos, o material de rega terá de ser o mais resistente possível ao frio possível. Obviamente, em situações de frio extremo, a opção deve geralmente recair sobre a interrupção da rega.

Tal como as baixas temperaturas, as elevadas temperaturas também podem afectar negativamente a vegetação e os sistemas de rega. No caso da vegetação, geralmente uma rega adequada pode resolver o problema; mesmo assim há algumas excepções em que os danos provocados pelo excesso de calor são tais que se tornam irreversíveis. Por exemplo, nas árvores da cidade, “a reverberação do calor produzida pelo asfalto ou por superfícies revestidas produz um efeito sobre a árvore de desfoliações intensas” (Miller, 2006), uma alteração que frequentemente nem a rega poderá reverter. Deve-se também evitar semear em período de secura, os períodos mais aconselháveis para as plantações e sementeiras são os meses de Primavera e

do Outono. No caso específico do relvado, este “deve ser semeado quatro semanas a um mês e meio antes de entrar num período de seca ou de grandes frios” (Brochard, 1999).

Quanto ao sistema de rega, o calor pode afectá-lo ao nível das tubagens; como já foi referido, estas são frequentemente feitas de material plástico, muito sensível à radiação ultravioleta, que pode expandir dramaticamente com o aumento das temperaturas ou até mesmo derreter, em casos extremos. Por esta razão, muitas tubagens são marcadas para não serem utilizadas à superfície, mas há hoje alguns novos componentes de plástico no mercado que já não apresentam estes problemas e os tubos estão especialmente marcados para serem colocados à superfície, à mercê do Sol. Logo, quando se selecciona o material do sistema de rega, é muito importante ter conhecimento de quais as temperaturas extremas do local, e proceder à sua escolha de acordo com isso (Landphair & Klatt, 1988).

O efeito da velocidade do vento na evapotranspiração das plantas é muito importante, pois ao deslocar as parcelas de ar mais húmidas encontradas na camada limite superficial faz com que as plantas percam a água mais rapidamente, aumentando a sua taxa de evapotranspiração e, conseqüentemente, aumentando as necessidades hídricas da vegetação sujeita à acção do vento.

O efeito do vento pode ser combatido de várias formas; poderá ser amenizado através de barreiras que protejam as zonas mais sensíveis, por diferentes métodos de modelar o terreno e com a própria programação da rega (Ribeiro, 2009). A nível da concepção do sistema de rega também várias medidas podem ser tomadas para compensar as condições ventosas: os espaçamentos podem ser mais próximos; os emissores podem utilizar ângulos de pequenas trajectórias; e podem ser utilizados dispositivos e pressões de operação que possibilitem maiores gotículas, uma vez que as mais pequenas podem ser facilmente eliminadas (Irrisoft, 2004). Este assunto será mais aprofundado na secção 4.4 relativa à eficiência e uniformidade de distribuição dos sistemas de rega.

A quantidade de radiação solar a que uma planta está exposta tem influência na taxa de evapotranspiração e, conseqüentemente, na quantidade de água que necessitará. O Sol é a fonte primária de energia para o processo de evaporação, e a incidência da sua radiação irá variar de acordo com a latitude, clima e estação do ano. No entanto, a radiação solar é um factor limitante do processo de transpiração das plantas uma vez que, ao abrir os estomas durante a insolação, os valores de transpiração serão muito reduzidos nestas horas. Porém, pode-se dizer que quanto maior for a radiação solar a que a planta está exposta, maior a taxa de evapotranspiração, logo maiores as suas necessidades hídricas.

Factores físicos como a topografia, o relevo ou a altitude vão influenciar as condições climáticas locais, podendo dar origem a microclimas, “tais como: ensombramentos nas áreas viradas a Norte, criação de bolsas de ar frio, alteração de ventos locais” (Brízida, 2010), etc. Portanto, é necessário fazer uma análise profunda do local do projecto, de modo a prevenir eventuais circunstâncias que possam alterar as necessidades hídricas, por se desviarem das condições climáticas previstas.

4.1.3 Factor Solo

Na análise do solo com vista à decisão de rega devem ser consideradas características tais como a sua textura, estrutura, profundidade, arejamento, capacidade de retenção da água, taxa de infiltração; e ainda factores como o seu pH e salinidade.

O solo pode ser constituído maioritariamente por areia, limo ou argila, resultando numa textura grosseira, média ou fina, respectivamente. A estrutura do solo, por sua vez, é determinada pela forma como as diferentes partículas se arranjam umas em relação às outras, como resultado de factores de ordem natural, química e humana, podendo a estrutura do solo ser do tipo laminar, prismática, colunar, anisoforme anguloso, anisoforme sub-anguloso, granuloso e grumoso (Costa, 2004).

A profundidade dos solos é um parâmetro muito importante a ter em conta em vários momentos do planeamento de um espaço verde, tal como o da escolha da vegetação pois, quando a profundidade do solo é muito reduzida e não cumpre os requisitos mínimos, as raízes das plantas não se conseguirão desenvolver convenientemente. Por exemplo, no caso dos relvados, “a altura média ideal de terra para obter excelentes resultados deve ser de 15 a 20 *cm*. Se fosse menos espessa, a camada não permitiria um enraizamento profundo e o relvado ficaria bem mais sensível às variações climáticas, à secura e ao frio” (Brochard, 1999).

Considerando que no solo, a água e o ar ocupam os mesmos espaços, e ambos são vitais para a sobrevivência da vegetação, é “necessário manter um equilíbrio em que água e ar estejam presentes em quantidades suficientes” (Irrisoft, 2004). Portanto, tem de haver espaço ocupado por oxigénio e espaço ocupado por água. Quando 100% do espaço poroso é ocupado por água e todo o oxigénio é eliminado, estamos perante uma situação de saturação. No sentido oposto, quando a quantidade de água no solo é de tal modo reduzida, que a maioria das plantas não pode extrair água suficiente para prevenir danos permanentes nos tecidos, o solo está em défice hídrico e apresenta-se seco. Nestes casos a maioria do espaço poroso é ocupado por ar (Irrisoft, 2004).

O solo, enquanto reservatório de água, tem uma capacidade de armazenamento que é necessário conhecer: o potencial de retenção de água. A sua textura é importante para determinar a quantidade de água que pode ser armazenada, na medida em que o solo absorve a água como uma esponja, e diferentes tipos retêm diferentes quantidades de água. Assim, os solos de textura fina são, geralmente, os que armazenam uma maior quantidade de água, e os de textura grosseira são os que retêm menos água (Amwua, 2005). Outros factores afectam a capacidade que um solo possui de reter água: quando o solo apresenta conteúdo orgânico, a capacidade de retenção aumenta em 10%; quando há condições rochosas a capacidade de retenção diminui em 70%; e ainda quando há compactação as capacidades de retenção diminuem em 20% (Irrisoft, 2004).

A textura do solo também influencia a infiltração de água, nomeadamente a quantidade de tempo e a forma como esta se infiltra, tal como é exemplificado na Figura 4.1.

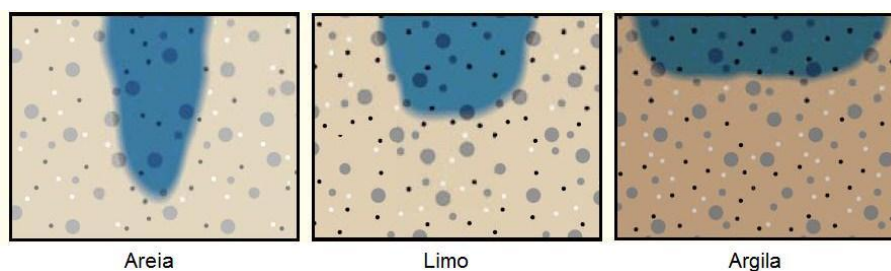


Figura 4.1: Padrões de infiltração da água para diferentes tipos de solo (Fonte: Amwua, 2005).

A seguinte Tabela 4.1 fornece valores concretos que relacionam a extensão de água à superfície com a profundidade do perfil molhado.

Tabela 4.1: Extensão de água na superfície, em *cm*, necessária para molhar o solo a uma determinada profundidade (Fonte: Landphair & Klatt, 1988).

| Profundidade do perfil regado (<i>cm</i>) | Extensão de água necessária por tipo de solo | | |
|--|--|-------|--------|
| | Areia | Limo | Argila |
| 15 | 1.00 | 2.30 | 3.30 |
| 30 | 2.30 | 4.60 | 6.60 |
| 45 | 3.30 | 7.10 | 10.20 |
| 60 | 4.30 | 8.90 | 13.00 |
| 75 | 5.10 | 10.70 | 16.00 |
| 90 | 6.10 | 12.40 | 18.50 |

Pode-se constatar que nos solos arenosos a água infiltra-se facilmente em profundidade, e portanto estes solos requerem menos água para molhar a zona da raiz. Contudo, aquela água não será retida pelo solo durante muito tempo. Logo, nos solos arenosos será fornecida menos água por rega, mas as regas serão mais frequentes.

No caso dos solos argilosos, a taxa de infiltração é menor, e portanto requerem mais água para regar a zona da raiz, mas retêm a água durante mais tempo. Logo, estamos perante uma situação contrária à anterior, em que a água aplicada por rega será maior, mas as regas menos frequentes. No caso de solos limosos a situação será um compromisso das duas anteriores (Amwua, 2005).

A água, ao entrar no solo movimenta-se para baixo devido à força gravitacional, tal como foi referido anteriormente, e movimenta-se também lateralmente e para cima devido à força capilar. Portanto, quando a água entra no solo movimenta-se em todas as direcções. A textura do solo irá influenciar o movimento da água. Em solos arenosos a água movimenta-se igualmente através de força gravitacional e capilar, podendo-se considerar que, geralmente, se movimenta numa relação 1:1. Nos solos médios por sua vez, a água movimenta-se maioritariamente através de força capilar, num rácio que se pode considerar de 2:1. Por fim, nos solos finos, a água movimenta-se essencialmente através de força capilar, numa razão de 4:1. Esta situação é exemplificada na Figura 4.2.

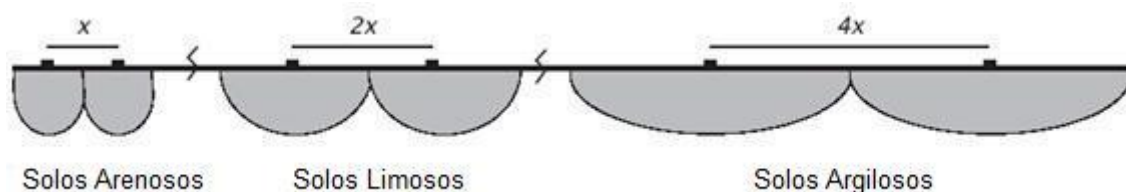


Figura 4.2: Movimento da água consoante a textura do solo. (Fonte: Irrisoft, 2004).

Outros factores, para além da textura do solo, devem ser tidos em conta na estimativa da taxa de infiltração, como por exemplo, o declive. Geralmente, quanto maior for o declive de um solo menor é a taxa de infiltração, porque a água tem mais facilidade em movimentar-se pela superfície do que pelo perfil do solo (Landphair & Klatt, 1988). A Tabela 4.2 exemplifica como a quantidade de água aplicada, isto é, a taxa de aplicação (mm/h) varia de acordo com os declives e também consoante o perfil e textura do solo.

Tabela 4.2: Taxa máxima de aplicação de água de acordo com o declive, perfil e textura do solo (Fonte: Pacheco, 2009).

| Perfil e textura do solo | Taxa máxima de aplicação (<i>mm/h</i>) | | | |
|--|--|------|-------|--------|
| | Declive | | | |
| | 0-5% | 5-8% | 8-12% | 12-16% |
| Solo arenoso até 1,8 m | 50 | 38 | 25 | 13 |
| Solo arenoso sobre horizontes mais compactos | 38 | 25 | 19 | 10 |
| Solo areno-limoso até 1,8 m | 25 | 20 | 15 | 10 |
| Solo areno-limoso sobre horizonte compacto | 19 | 13 | 10 | 8 |
| Solo franco-limoso até 1,8 m | 13 | 10 | 8 | 5 |
| Solo franco-limoso sobre horizontes mais compactos | 8 | 6 | 4 | 2,5 |
| Solos argilosos ou argilo-limosos | 4 | 2,5 | 2 | 1,5 |

A taxa de aplicação (*mm/h*), é definida pela quantidade de água a aplicar, ou seja, a dotação, *D* (*mm*), e pela rapidez de aplicação, isto é, o tempo de rega, *t_r* (*h*) adequado para a dotação a aplicar.

$$\text{Taxa de aplicação} = D/t_r. \quad (4.5)$$

A taxa de aplicação e o número de regas necessárias serão escolhidos com base na taxa de infiltração. Esta não deve ultrapassar a taxa de infiltração pois, caso contrário, a água vai-se acumular à superfície, havendo perdas por escorrimento e erosão do solo (Pacheco, 2009). Também se deve ter em conta que a condutividade hidráulica varia ao longo do período em que a água é aplicada, ficando a entrada de água no solo mais lenta com o avançar da rega (Lion, 1991). Portanto, para se ter uma rega eficiente é necessário ter em conta as variações nas capacidades de infiltração do solo (Irrisoft, 2004).

A capacidade de infiltração de água no solo está relacionada com a capacidade de campo. A capacidade de campo é a quantidade de água que um solo armazena depois do período de drenagem gravitacional que ocorre um a três dias após uma rega ou chuvas fortes, que provoquem a saturação do solo (Figura 4.3).

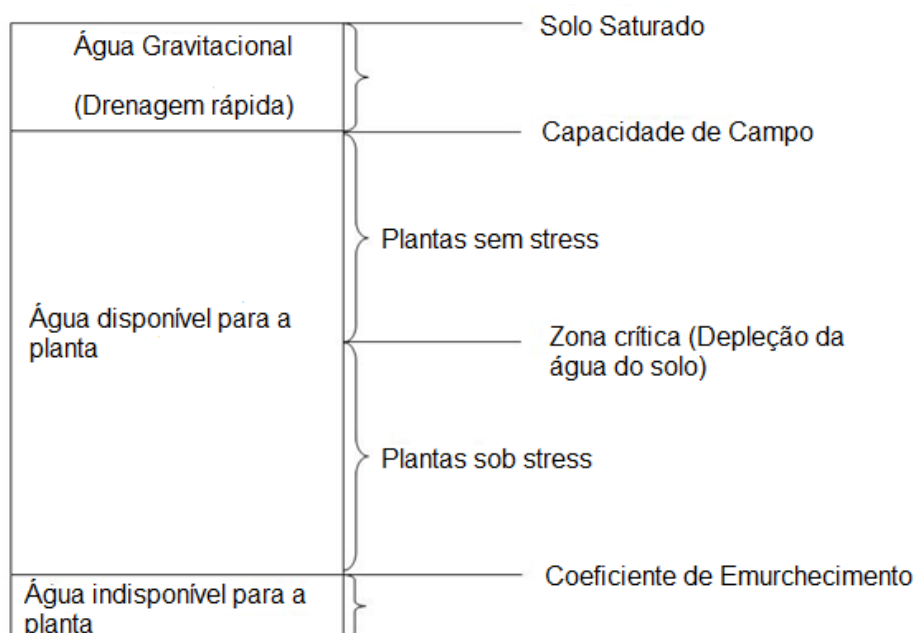


Figura 4.3: Condições do Solo (Adaptado de: Afonso, 2007; Allen *et al.*, 2007).

A capacidade de campo é o limite superior de teor de água no solo, e o coeficiente de emurchecimento é o limite inferior de teor de água no solo. Quando “a quantidade de água retida no solo está abaixo do coeficiente de emurchecimento as plantas começam a murchar e já não recuperam pois não conseguem retirar água do solo” (Afonso, 2007). Assim, a percentagem de água no solo disponível para a planta é a quantidade de água entre os limites da capacidade de campo e do coeficiente de emurchecimento. No entanto, deverá ser aplicada água na zona radicular assim que seja atingido o grau de depleção, que se trata do limite abaixo do qual a planta sente stress hídrico para além do aceitável em termos de gestão. Portanto, a percentagem de água no solo entre a capacidade de campo e a depleção permitida, corresponde à quantidade de água que é realmente permitida à planta extrair.

Na maior parte dos solos, a quantidade de água retida e disponível para a planta, é cerca de 5 a 10% do solo húmido, aproximando-se mais dos 10% no caso dos argilosos e dos 5% para arenosos (Landphair & Klatt, 1988).

Quanto ao pH do solo o ideal é que seja neutro, porque permite semear tudo sem dificuldade. Mas, quando não se pretende modificar o pH do solo e este se apresenta ácido, geralmente as terras são bastante leves porque são siliciosas ou mais exactamente, arenosas. No caso de solos alcalinos, temos a situação contrária, ou seja, terras bastante pesadas e argilosas (Brochard, 1999).

Muito frequentemente uma consulta do mapa de solos pode não ser suficiente para conhecermos o solo com que estamos a lidar, especialmente na cidade, por se tratar

de um meio heterogéneo e alterado (Miller, 2006). Os solos das cidades são constantemente alvo de acções humanas e há diferenças notáveis entre as propriedades físicas de um solo não alterado e aquele que é fruto da acumulação e depósito, sobretudo na densidade, que aumenta de um modo geral em todos os horizontes. Como o crescimento das plantas está directamente relacionado com a porosidade do subsolo que, por sua vez, influencia a permeabilidade à água; pode-se concluir que, nos solos citadinos, será necessário aumentar o número de regas e a quantidade de água aplicada (Palomo, 2003).

A urbanização nas cidades obriga à utilização de telas e cimentos que provocam, como efeito geral, uma descida do nível da capa freática do terreno, em especial devido ao obstáculo constituído pelas telas e cimentos ao movimento das águas subterrâneas. O que irá influenciar a intensidade e frequência das regas, em espaço urbano.

O nível de degradação dos solos está dependente das propriedades físicas deste, mas também do uso a que está sujeito. Em função das condições do próprio solo e do seu uso, do regime de chuvas e regas, e do nível de pisoteio, podem ser exercidos diversos danos ao solo, um círculo vicioso que conduz a uma degradação irreversível; isto é característico dos solos desportivos devido à sua utilização excessiva (Palomo, 2003).

Portanto, as diferentes propriedades físicas de um solo são determinantes para definir as suas aptidões. Com base no quadro de Bullock e Gregory (Tabela 4.3) pode-se ver a relação entre os usos que se pretendem para os solos e as características que se recomendam que estes possuam.

4.1.4 Factor Planta

A vegetação é essencial em qualquer zona verde, “dentro dos elementos que configuram um espaço verde ordenado – o elemento vegetal, a água, os pavimentos e desníveis, o mobiliário formado por pérgolas, bancos e esculturas – o mais importante é o primeiro, o elemento vegetal sendo, pelo seu lado, o de mais difícil tratamento num projecto de jardinagem, dado que, ao tratar-se de um elemento vivo, é o que apresenta resultados mais surpreendentes e é a própria natureza que decide o resultado final” (Miller, 2006).

O conhecimento ao nível das propriedades das plantas é muito importante pois, “ajudar-nos-á a utilizá-las adequadamente, não apenas do ponto de vista da sua biologia, mas também da sua combinação e harmonia, tanto entre elas como com os diversos elementos arquitectónicos que as rodeiam” (Miller, 2006).

Assim, para seleccionar a vegetação de determinado espaço verde devem ser tidos em conta critérios ambientais e paisagísticos. Nos critérios ambientais temos a adaptação às condições climáticas, os requisitos edafológicos, os requisitos hídricos, a resistência a pragas, a doenças, à poluição e à densidade de uso pretendida. Os critérios paisagísticos, por sua vez, consistem no porte e forma, taxa de crescimento e desenvolvimento, textura, cor/estacionalidade.

Tabela 4.3: Relação entre as características do solo e os seus usos (Fonte: Palomo, 2003).

| Aplicações | Requisitos |
|------------------------------------|-------------------|
| 1. Áreas de jogo | A, B, C |
| 2. Terreno de Passeio | B, D |
| 3. Jardins | C |
| 4. Terras recuperadas para passeio | C, D |
| 5. Área disponível para efluentes | A, D ⁶ |

| | Propriedades físicas relevantes |
|--|---|
| A – Drenagem | Hidrologia local, condutividade, hidráulica saturada e, portanto, estrutura do solo. |
| B – Capacidade de carga em sustentação | Resistência à penetração, densidade em volume, compatibilidade, conteúdo em água/potencial como possível para jogos, capacidade drenante e número de dias de jogos possíveis. |
| C – Substrato para crescimento de plantas | Situação de drenagem, capacidade de ar, capacidade de água disponível, capacidade em volume, estrutura e/ou resistência à penetração. |
| D – Liberdade para erosão e escorrência | Infiltração, drenagem, estabilidade estrutural (tipo de cobertura da vegetação). |

Estes critérios têm em vista um espaço verde esteticamente agradável, económico e sustentável, sobretudo do ponto de vista dos consumos de recursos hídricos. Por se tratar de um elemento vivo, a manutenção da vegetação assume uma grande importância e é necessário ter grandes cuidados com ela, pois quando esta é realizada incorrectamente pode alterar por completo a tipologia do espaço verde projectado, dar origem a gastos económicos desnecessários e provocar consumos de água e energia para além do nível sustentável. A correcta decisão de rega é um dos

factores mais importantes para que estas situações não se verifiquem e haja uma adequada manutenção da vegetação. Para tal, é necessário compreender os critérios ambientais que foram a base da decisão das plantas a colocar, e ainda ter conhecimento dos critérios paisagísticos tidos em conta, pois estes servirão de guia para avaliar se os objectivos de qualidade estética do projecto estão a ser atingidos.

Alguns parâmetros climáticos que devem ser considerados para a escolha do material vegetal são: a temperatura do ar, a radiação solar e a velocidade do vento.

Quanto à temperatura do ar esta pode dar origem à distinção entre dois tipos de vegetação: a resistente a elevadas temperaturas e a resistente às baixas temperaturas. A selecção da vegetação de acordo com a sua resistência às temperaturas é muito importante, pois a vegetação apropriada para elevadas temperaturas pode hibernar abaixo dos 5°C, é mais resistente à seca e possui valores de evapotranspiração inferiores. Por outro lado, a vegetação resistente a baixas temperaturas suporta temperaturas próximas dos 0°C, é muito sensível a temperaturas acima dos 30/35°C, à seca e a evapotranspiração das plantas apresenta valores superiores.

Relativamente à radiação solar a vegetação pode ser dividida em plantas de Sol, de sombra e de meia-sombra, tal como é referido na Tabela 4.4, que assinala também o número de horas de insolação adequado para cada uma destas plantas. Nos espaços verdes urbanos a quantidade de radiação disponível varia grandemente, vai depender da direcção e localização da plantação, assim como do bloqueio que as estruturas e árvores mais altas fazem da plantação.

Tabela 4.4: Número de horas de Sol consoante os diferentes tipos de plantas (Fonte: Brízida, 2010).

| Plantas | Número de horas de Sol |
|-------------|------------------------|
| Sol | 6 a 7 |
| Meia-sombra | 3 a 6 |
| Sombra | Menos de 3 |

Quanto à velocidade do vento, frequentemente o ciclo vegetativo das plantas é prejudicado por razões mecânicas, físicas ou biológicas, resultantes da influência deste factor. Devem ser seleccionadas de preferência espécies resistentes a ventos fortes, por exemplo no caso das árvores, se o vento “for intenso, pode produzir a ruptura das ramagens e o desenraizamento de árvores. Em lugares muito fustigados

pelo vento é necessário plantar em profundidade e protegê-las com estacas” (Miller, 2006).

Os requisitos hídricos e edafológicos da vegetação são definidos por várias características das plantas, nomeadamente pelo seu sistema radicular, em particular pela profundidade das suas raízes, uma vez que as plantas extraem a maioria das suas necessidades de água através da zona activa da raiz. Logo, quanto maior for a profundidade radicular mais água armazenada no solo irá estar disponível para o uso da planta. Assim, é fundamental que o programa de manutenção preveja operações que possam estimular e manter um sistema radicular profundo. As raízes mais profundas têm vários benefícios, por exemplo, os relvados deste tipo são mais resistentes à seca, requerem regas menos frequentes, têm menor consumo de água, são mais saudáveis e aproveitam melhor as fertilizações (Silva *et al.*, 2009).

Desta análise, pode-se depreender que o conhecimento da profundidade das raízes é essencial para determinar qual a frequência adequada entre regas, de modo a evitar o stress hídrico da vegetação (Amwua, 2005) e até que profundidade se deverá regar, pois as plantas são mais saudáveis se toda a zona da raiz ficar completamente molhada de cada vez que se rega (Pacheco, 2009).

A profundidade a que se deve regar depende de espécie para espécie, mas de um modo geral pode-se dizer que o solo deverá ser molhado:

- 20 a 45 *cm* para relvados e herbáceas, em média 30 *cm*;
- 45 a 90 *cm* para arbustos, em média 60 *cm*;
- 90 *cm* para pequenas árvores;
- 120 *cm* para grandes árvores (Landphair & Klatt, 1988).

Portanto, uma grande árvore precisa de mais água do que uma pequena herbácea porque tem uma zona de enraizamento maior. A Figura 4.4 torna a situação mais clara.

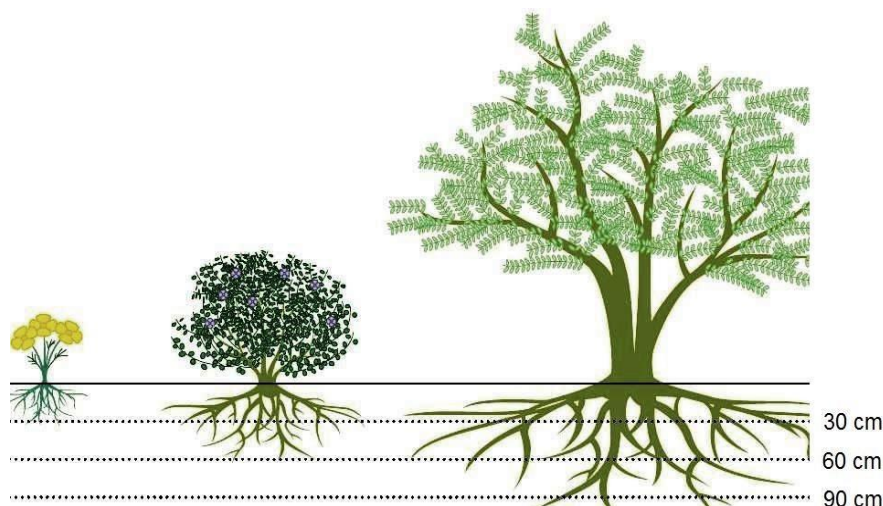


Figura 4.4: Sugestão de profundidade a que o solo deve ser molhado (Fonte: Amwua, 2005).

Como já foi referido, a textura do solo também influencia a taxa de infiltração devendo estas duas propriedades, isto é, profundidade das raízes e textura do solo, ser analisadas em conjunto para definir qual a quantidade de água necessária para regar até à profundidade pretendida.

Para grandes plantas a dotação da rega será maior mas a frequência de regas poderá ser menor, uma vez que o solo e as raízes na zona de enraizamento formam um grande tanque de armazenamento de água (Amwua, 2005).

A frequência das regas também depende do nível de estabilização do sistema de raízes das plantas, e portanto, do estágio de desenvolvimento em que a vegetação se encontra; em média, o sistema de raízes de um arbusto estará bem estabelecido um ano depois, e uma árvore três anos depois. Novas plantas devem ser regadas mais frequentemente. Quando a rega é feita após a sementeira, é mais adequado regar mais do que uma vez por dia, do que realizar uma única rega muito abundante, uma vez que, se for realizada uma única rega por dia o solo pode criar uma crosta na superfície, prejudicial para as novas plantas (Brochard, 1999). Portanto, uma herbácea jovem terá de ser regada com maior frequência do que uma herbácea mais desenvolvida, e o mesmo sucede com as árvores e arbustos. No entanto, de um modo geral, a necessidade de menor intervalo entre regas é ainda maior numa herbácea totalmente desenvolvida do que numa árvore jovem.

O sistema radicular é também importante para definir em que local se deve colocar os emissores de rega, uma vez que depois de se estabelecerem, a maioria das raízes de absorção estão localizadas no alinhamento da circunferência exterior da copa da árvore e não perto do tronco (Amwua, 2005). Logo, os emissores devem ser concentrados ao longo do alinhamento da copa de cada árvore, e não perto do tronco,

pois assim as raízes correm o risco de apodrecer. A água vai-se espalhar para baixo e horizontalmente enquanto é absorvida pelo solo, alcançando toda a zona de raízes, como se pode verificar na Figura 4.5.

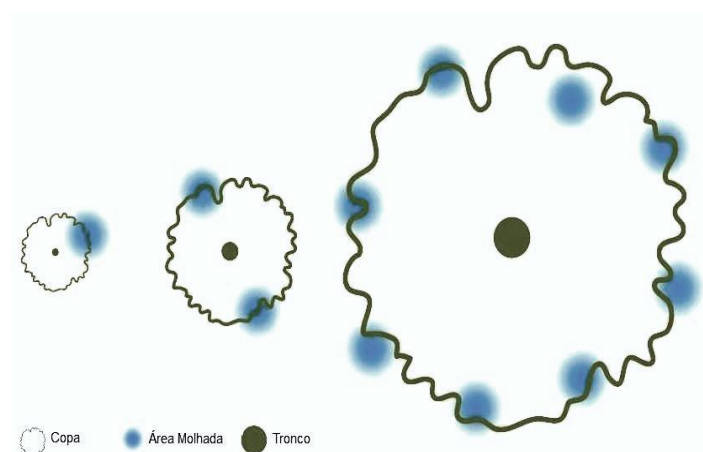


Figura 4.5: Colocação adequada dos emissores de acordo com o raio da copa da árvore (Fonte: Amwua, 2005).

Os requisitos hídricos são um dos factores mais importantes para a escolha da distribuição do material vegetal num projecto de Arquitectura Paisagista; são tidos em conta não só na perspectiva da selecção de plantas resistentes às deficiências hídricas, mas também para que a vegetação seja agrupada por semelhantes necessidades de água, com vista à optimização dos recursos hídricos.

Uma análise da tolerância da vegetação à deficiência hídrica está também relacionada com uma análise dos parâmetros climáticos tidos em conta para a selecção das plantas, nomeadamente a temperatura do ar a que as plantas se adequam. Assim, as plantas com baixos requisitos hídricos são as plantas apropriadas para locais de elevadas temperaturas e sensíveis ao frio, enquanto as plantas de grandes exigências hídricas são as mais adequadas a baixas temperaturas e sensíveis ao calor (Silva *et al.*, 2009).

A Tabela 4.5 assinala a resistência à secura e ao frio de algumas das espécies de relvados mais utilizadas no nosso país, podendo-se verificar a estreita relação entre a tolerância às deficiências hídricas e o frio.

Tabela 4.5: Resistência de alguns relvados à seca e ao frio (Adaptado de: Brochard, 1999).

| | Resistência à seca | Resistência ao frio |
|----------------------------|--------------------|---------------------|
| <i>Agrotis</i> | Fraca | Média |
| <i>Festuca rubra</i> | Média | Média |
| <i>Festuca glauca</i> | Boa | Boa |
| <i>Festuca arundinacea</i> | Boa | Boa |
| <i>Poa spp.</i> | Média | Média |
| <i>Cynodon dactylon</i> | Boa | Boa |
| <i>Paspalum vaginatum</i> | Boa | Boa |

Por exemplo, as *Agrotis spp.* “são espécies muito finas que dão um resultado muito estético. Além disso, são plantas rasteiras de cobertura do solo, ou seja, têm tendência a multiplicar-se, ramificando-se e cobrindo rapidamente o solo. No entanto, estas plantas necessitam de regas frequentes” (Brochard, 1999). Pode-se optar entre outras pela agróstide-ténue (*Agrostide tenuis*) ou pela erva-fina (*Agrostis stolonifera*).

As *Poa spp.*, que são geralmente integradas nas composições que se fazem para relvados, são plantas de crescimento médio que “permanecem verdes quase todo o ano, o que é uma vantagem. Por isso é que as encontramos em quase todas as misturas: *Poa pratensis* para composições muito finas, *Poa trivialis* nos solos mais húmidos” (Brochard, 1999). No entanto, é necessário ter cuidado pois não se desenvolvem adequadamente em terrenos muito secos.

Relativamente ao *Cynodon dactylon* esta é das poucas espécies de folha estreita que só se torna ligeiramente amarela no Inverno e se comporta adequadamente durante as restantes estações.

As distintas reacções da vegetação à temperatura estão relacionadas com “características bioquímicas e anatómicas associadas ao tipo de metabolismo fotossintético C3 e C4. A designação de fotossíntese em C3 resulta do facto de, nesse tipo de metabolismo, a energia da luz ser utilizada para reduzir o CO₂ a compostos orgânicos com 3 átomos de carbono, enquanto na fotossíntese C4 forma-se um ácido com 4 carbonos” (Silva *et al.*, 2009). As plantas mais sensíveis à seca têm um metabolismo fotossintético do tipo C3 enquanto as mais resistentes têm um metabolismo do tipo C4.

Geralmente, as plantas tolerantes à deficiência hídrica, são mais eficientes na utilização da água, “embora uma maior eficiência do uso de água não signifique

necessariamente uma maior resistência à secura, tende a ser essa a situação” (Silva *et al.*, 2009).

Outro parâmetro climático que irá influenciar os requisitos hídricos da vegetação é a radiação solar a que a vegetação está exposta. Portanto, conhecidas as necessidades de sol ou de sombra do material vegetal, sabe-se que as plantas de sombra, que de acordo com a Tabela 4.4 devem receber menos de 3 horas de Sol por dia, são as que mais precisam de água. Pelo contrário, as plantas de sol, que devem receber 6 a 7 horas de Sol por dia, são mais tolerantes à deficiência hídrica.

Tendo em conta todos estes factores, pode-se considerar que as variações nas necessidades de água das plantas ao longo do ano, no hemisfério norte, em regra, variam de acordo com o que é demonstrado na Figura 4.6.

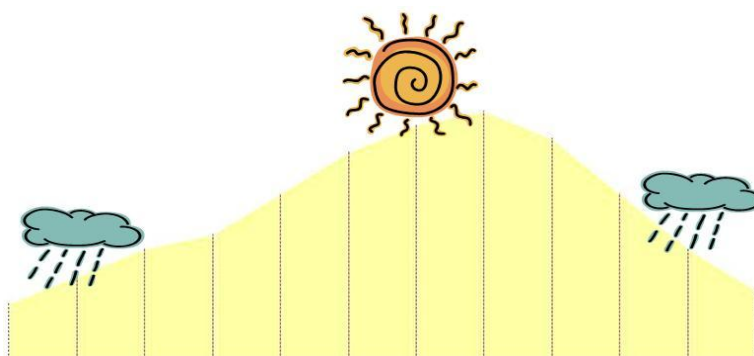


Figura 4.6: Variações das necessidades de água das plantas ao longo do ano (Fonte: Amwua, 2005).

Verifica-se assim que o pico das necessidades tem lugar nos meses de Julho/Agosto, e as mínimas necessidades de rega verificam-se em Dezembro/Janeiro.

Como já se aferiu anteriormente, para saber qual a quantidade de água que as plantas necessitam é essencial ter conhecimento de qual o valor da evapotranspiração associado à vegetação em causa. De um modo geral, podem-se considerar os valores da Tabela 4.6, que se referem ao valor da evapotranspiração para os meses de pico de crescimento (*mm* por dia).

Tabela 4.6: Evapotranspiração nos meses de pico de crescimento para diferentes tipos de plantas, em zonas temperadas e em zonas quentes (Fonte: Landphair & Klatt, 1988).

| Tipo de Planta | Zona Temperada | Zona Quente |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Relvado | 4 | 6 |
| Herbáceas Anuais | 4 | 5 |
| Pequenos Arbustos | 4 | 5 |
| Grandes Arbustos | 5 | 6 |
| Pequenas Árvores | 5 | 8 |
| Grandes Árvores | 6 | 9 |

Outro parâmetro que deve ser tido em conta quando se selecciona o material vegetal com vista a um uso eficiente da água, é o tipo de utilização que se pretende para o espaço. Em regra, relvados criados com vista à prática desportiva possuem necessidades de rega muito superiores a relvados ornamentais. Isto verifica-se porque o aumento do uso do relvado, associado a outros factores, pode levar a um aumento da percentagem de calvas e, conseqüentemente, a recuperação do relvado vai dar origem a um aumento das necessidades de rega (Brízida, 2010).

Do que foi dito nas quatro secções anteriores pode-se concluir que o solo é um reservatório que retém água e as características do solo afectam as suas capacidades de retenção. A água retida no solo é captada através das raízes das plantas, e a quantidade de água que é evaporada e transpirada depende das condições climáticas e do tipo de planta. A água pode sair do solo até um nível permitido, e a partir daí é tempo de regar. Estas são denominadas as relações Solo-Água-Planta que são determinantes na decisão de rega.

4.1.5 Hidrozonas

Com base nos factores ambientais podem-se caracterizar zonas com diferentes necessidades hídricas no espaço verde, chamadas hidrozonas. Esta caracterização terá em conta os factores que afectam a necessidade de água pela planta (tipo de planta, exposição ao sol e vento, tipo e grau de utilização, etc.) e os que afectam a reposição e disponibilidade de água para a planta (tipo de solo, modelação do terreno, etc.). Assim, a definição de hidrozonas terá como base as estimativas de necessidades de rega. O que se pretende é identificar zonas relativamente homogéneas que, à partida, se preveja que venham a ter necessidades semelhantes, e às quais vão estar associados dispositivos de rega similares (assunto que será

desenvolvido na secção 4.2). No entanto, é importante notar que, “o conceito de sector de rega é distinto do de hidrozona, uma vez que, uma hidrozona pode conter vários sectores” (Afonso, 2007).

Na criação de Planos de Gestão de Rega eficientes em Arquitectura Paisagista, para além dos factores ambientais, a delimitação de hidrozonas também deverá ter em consideração aspectos tais como a qualidade visual e a composição paisagística que se pretende para a zona.

As hidrozonas são criadas numa perspectiva de sustentabilidade, logo, não devem existir em grande número, pois obrigam a um grande esforço de monitorização e avaliação, e as vantagens que provêm da existência de um elevado número de zonas não compensam o esforço.

4.2 Breve Caracterização dos Sistemas de Rega

Não se pretende entrar em grande detalhe sobre os sistemas de rega, dado existirem compêndios de referência na área da rega onde estes assuntos são tratados ao pormenor. Neste trabalho são apenas dadas algumas noções básicas devido à grande importância do bom funcionamento dos sistemas de rega para a adequada gestão da rega de um espaço verde.

Na secção anterior analisaram-se os factores que determinam as necessidades de rega. Concluiu-se que se for aplicada mais água do que a necessária há desperdício de água, o que para além dos efeitos adversos que provoca no ambiente pode afectar não só a saúde mas também a qualidade da planta e, no sentido oposto, se não for aplicada água suficiente as plantas podem murchar irreversivelmente. Portanto, para manter uma paisagem saudável, é muito importante compreender o modo de funcionamento do sistema de rega (Irrisoft, 2004).

Os sistemas de rega podem funcionar por gravidade (sulcos, canteiros, faixas, etc.) ou sob pressão. Neste trabalho vão ser brevemente analisados os sistemas de rega sob pressão, por se tratarem dos dispositivos de rega utilizados em projectos de Arquitectura Paisagista.

Todos os sistemas são constituídos por três subsistemas: o de fornecimento de água, o de entrega e o de distribuição, que vão ser caracterizados nas secções 4.2.2, 4.2.3 e 4.2.4, respectivamente. No caso de sistemas semi-automáticos ou automáticos está também presente um sistema de controlo aspecto que será mais desenvolvido na secção 5.1.

4.2.1 Conceitos Base

Primeiro serão lembrados alguns conceitos aplicados à rega para um melhor entendimento das secções que se seguem.

Pressão (P) – é a força que exerce uma coluna de água sob uma superfície. É habitualmente medida em kg/cm^2 , bar ou kPa .

$$P = \text{Força}/\text{Área} \quad (4.6)$$

Caudal (Q) – é o volume de fluido que circula numa conduta por unidade de tempo. O caudal está dependente essencialmente da alimentação (bomba, se for o caso), do diâmetro e da rugosidade da conduta. É medido em m^3/h ou l/h .

$$Q = \text{Volume}/\text{Tempo} \quad (4.7)$$

Velocidade (V) – é a distância que a água percorre por unidade de tempo. A velocidade irá depender do caudal e da área da secção em que água está a correr. É normalmente medida em m/s .

$$V = \text{Caudal}/\text{Secção} \quad (4.8)$$

4.2.2 Sistema de Fornecimento de Água

Há três tipos de sistemas de fornecimento de água: o fornecimento de água municipal, os poços/furos e os reservatórios. Destes três, o mais utilizado é o sistema de fornecimento de água municipal, ou seja, o sistema público de distribuição de água. Este sistema geralmente requer a criação de uma ligação directa à fonte principal e a instalação de um novo contador de água utilizado para controlar as taxas do serviço de esgoto.

Os principais factores que se devem ter em conta quando se utiliza o sistema de fornecimento de água da cidade são o caudal da água disponível e a sua pressão. Relativamente ao volume de água disponível, este será determinado pelas dimensões da fonte que fornece o serviço e do contador. Quanto à pressão disponível num contador de água, a mesma pode variar numa grande amplitude e depende de todos os tipos de variáveis do sistema. Na maioria dos casos, a pressão durante a noite é significativamente maior, uma vez que é o período de menor utilização da água; no entanto, estes aumentos de pressão nocturnos podem revelar-se excessivos para a prática da rega, em particular para a rega localizada. Mas, a situação mais frequente,

é que a pressão proveniente do sistema de fornecimento de água municipal não seja suficiente para o funcionamento dos emissores, o que faz com que haja necessidade de bombas e/ou sistemas de pressurização, mas geralmente as bombas são suficientes.

Os poços/furos e os reservatórios são os outros sistemas de fornecimento de água para além dos sistemas municipais. Quanto aos poços/furos, a sua utilização muitas vezes não é a escolha mais adequada, pois os gastos na sua abertura podem ser muito elevados, não se justificando o investimento. Relativamente aos reservatórios, estes podem ser naturais, feitos pelo homem, ou até reservatórios específicos utilizados para armazenar águas das chuvas ou a água que sobra do tratamento das plantas. Tal como para os sistemas de fornecimento de água municipal, também os poços e os reservatórios necessitam de bombas para que a água chegue ao sistema de entrega e daqui até aos emissores.

A decisão de escolha das bombas depende da profundidade a que se encontra a água, do volume de água que o sistema de rega requer, da altura manométrica (pressão) exigida pelo sistema de rega e da qualidade da água. Em Portugal, a grande maioria das bombas utilizadas são centrífugas, em virtude da sua “maior duração, simplicidade de funcionamento e reduzidas despesas de conservação” (Raposo, 1994a). Por exemplo, no caso dos poços/furos são utilizadas bombas submersas com vários andares (bombas em série), que normalmente vão fornecer água sob pressão a um balão hidropressor, que controla um dado volume de água a ser libertado dentro de determinados limites de pressão. Mas este balão hidropressor não injecta pressão, sendo esta proveniente apenas da bomba (Landphair & Klatt, 1988).

4.2.3 Sistema de Entrega

O sistema de entrega é composto por uma rede de tubagens primárias e secundárias com válvulas. Este sistema irá movimentar a água através da pressão, desde os fornecedores até aos componentes distribuidores de água (Landphair & Klatt, 1988).

Relativamente às tubagens é aconselhável que a velocidade da água quando as percorre não seja superior a 1,5 m/s, pois uma velocidade superior provoca choques excessivos entre partículas e consequentemente origina grandes perdas de carga, podendo também danificar a tubagem. Pelo contrário, velocidades muito baixas podem apresentar o inconveniente de originar depósitos sólidos nas zonas baixas da tubagem. As tubagens podem ser de vários materiais, nomeadamente de plástico. Um dos mais frequentes é o policloreto de vinilo (PVC), mas ultimamente a sua utilização tem diminuído e tem vindo a aumentar o uso de polietileno de alta densidade (PE),

especialmente na rega localizada em que praticamente só se utiliza o PE. Podem-se aconselhar os seguintes materiais de acordo com o diâmetro das tubagens:

Diâmetro < 50 *mm* – Polietileno de Baixa Densidade;

Diâmetro entre 50 e 200 *mm* – PVC;

Diâmetro > 200 *mm* – Polietileno de Alta Densidade.

No entanto, algumas situações requerem tubagem metálica. Por exemplo, quando se pretende incluir tubagem debaixo dos pavimentos que carregam cargas pesadas, tubagens em plantações de espaços de cobertura, ou tubagens muito longas que precisam de manter uma pressão elevada. Os acessórios, isto é, os elementos que ligam as tubagens, devem ser constituídos pelo mesmo material de modo a que a ligação resulte perfeitamente.

Para além dos tubos e seus acessórios, as válvulas são outros dos constituintes do sistema de entrega. Estas têm como função controlar o fluxo de água no sistema, desde o fornecimento até aos emissores, através da movimentação ou manutenção da água na tubagem.

As válvulas podem ser de dois tipos, manuais ou operadas por controlo remoto. A duração do seu funcionamento é baseada na quantidade de tempo que demora a aplicar a quantidade de água necessária com base nas necessidades de rega.

As válvulas manuais mais comuns são as válvulas de cunha (também denominadas de guilhotina, de gaveta ou de corrediça), as de globo e as de acoplamento rápido. Destas, as mais habituais são as válvulas de cunha porque o fluxo através da válvula está em linha com a tubagem, havendo assim poucas perdas de pressão através desta. Apesar disso as válvulas de acoplamento rápido têm a vantagem de estar menos sujeitas a vandalismo porque são montadas em caixas debaixo do solo e necessitam de uma chave especial para trabalharem. O modo de funcionamento das válvulas manuais é muito simples; possuem um interruptor que pode ser ligado ou desligado.

As válvulas de controlo remoto podem ter um dos seguintes modos de funcionamento: hidráulico ou eléctrico. As que operam no modo hidráulico, ou seja, as válvulas hidráulicas funcionam por meio de um pequeno tubo que fornece água à válvula. Quando o fornecimento de água está em funcionamento, a válvula está fechada. Se a pressão no tubo for libertada, a válvula abrirá. Portanto, as válvulas que operam hidráulicamente são denominadas de válvulas normalmente abertas (NA), porque é necessário um fornecimento de água positivo para que a válvula fique fechada (Landphair & Klatt, 1988) (Figura 4.7).

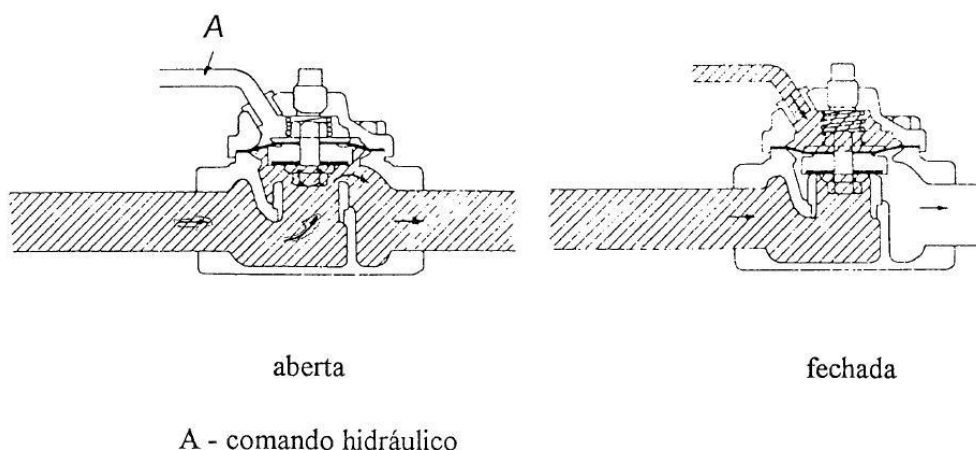


Figura 4.7: Válvula de controlo remoto de funcionamento hidráulico (Fonte: Teles, 1996).

Por sua vez, as que funcionam de modo eléctrico, isto é, as electroválvulas, utilizam um solenóide para interceptar o fornecimento de água. Quando a tensão eléctrica à válvula está ligada, o solenóide retrai-se e permite que a pressão baixe na câmara superior da válvula. A pressão de água na conduta força a membrana a abrir e a válvula está então aberta à passagem da água. Quando o sistema está desligado, o solenóide fecha e a pressão na câmara superior sobe, fechando assim as válvulas. Portanto, as válvulas que operam electricamente são denominadas válvulas normalmente fechadas (NF) (Landphair & Klatt, 1988). Este tipo de válvulas, isto é, as válvulas solenóides que funcionam electricamente, são as mais utilizadas hoje em dia (Figura 4.8).

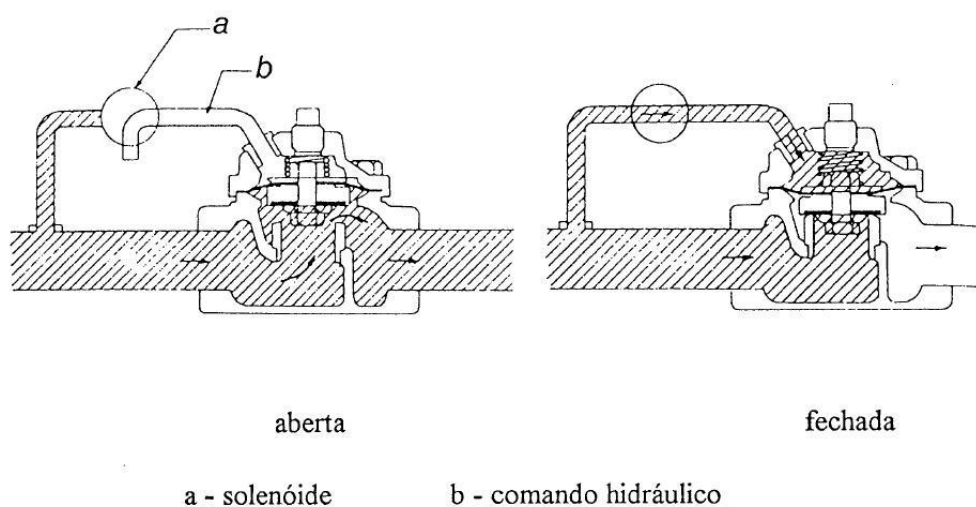


Figura 4.8: Válvula de controlo remoto de funcionamento eléctrico (Fonte: Teles, 1996).

As válvulas hidráulicas são geralmente mais baratas do que as controladas electricamente. São muitas vezes utilizadas para casos em que os fios eléctricos não são práticos ou quando as águas apresentam partículas com potencial para afectar as pequenas aberturas das válvulas eléctricas. As válvulas hidráulicas também se encontram frequentemente incorporadas nos topos dos sectores para que cada sector do sistema possa ser operado independentemente. Este sistema reduz o tamanho da tubagem que o sistema requer, resultando numa redução substancial do custo.

As válvulas eléctricas são utilizadas na maioria dos projectos residenciais e grandes projectos comerciais. Têm como vantagem o facto de normalmente estarem fechadas, sendo por isso atractivas do ponto de vista da manutenção, uma vez que a válvula se mantém fechada se o fio que a ela conduz for cortado. Por esta razão, um corte numa linha eléctrica é normalmente mais fácil de encontrar e reparar do que um vazamento num tubo hidráulico (Landphair & Klatt, 1988).

Normalmente, as válvulas são de plástico, no entanto há algumas excepções, como por exemplo as válvulas manuais que preferencialmente são de metal pois, por serem um alvo constante da acção humana, têm de ser resistentes.

As válvulas são colocadas em partes distintas do sistema de rega, e assim vão ter propósitos diferentes de acordo com a sua localização. Algumas das que podemos encontrar no sistema são as válvulas de drenagem, as válvulas de regulação da pressão, as válvulas mestras e as válvulas de retenção. As válvulas de drenagem são utilizadas para drenar a água das bombas e tubagens, que estão sujeitas a temperaturas baixas. As válvulas de regulação da pressão servem para reduzir a pressão em partes do sistema de rega. As válvulas mestras têm como função manter a pressão do sistema de rega, quando este não está em funcionamento. Por fim, as válvulas de retenção têm como objectivo impedir o retorno da água, de modo a não permitir que a água de rega contamine a água potável (Raposo, 1994a). A cada sector de rega irá corresponder uma determinada válvula.

4.2.4 Sistema de Distribuição

O sistema de distribuição tem como função fornecer a água de rega ao material vegetal. Em espaços verdes a água é fornecida, habitualmente sob pressão à vegetação e os dispositivos que constituem o sistema de distribuição podem proporcionar uma rega por aspersão ou a uma rega localizada, também denominada de microrrega, sendo geralmente aplicada a modalidade de rega gota-a-gota.

Pensa-se que os primeiros dispositivos de rega por aspersão surgiram na Babilónia, nos Jardins Suspensos, no entanto, os verdadeiros progressos neste âmbito tiveram lugar apenas no princípio do século passado, inicialmente com o único objectivo de

regar relvados. Mais tarde, “na década de 30, com o desenvolvimento dos aspersores de impacto e de tubos em aço leve com ligações rápidas, a rega por aspersão começou a expandir-se e passou a ser usada numa larga gama de culturas, por todo o mundo”. O desenvolvimento destes sistemas manteve-se ao longo do século XX, “nos anos 50, surgiram novos aspersores, os tubos de alumínio e sistemas de bombagem mais eficientes, o que favoreceu a redução dos custos e acelerou a expansão deste método de rega”; posteriormente “na década de 60 surgiram as rampas pivotantes, que proporcionam custos relativamente baixos, regas de alta frequência, automatização da rega e grande redução da mão-de-obra” (Pereira, 2000). A inovação na rega por aspersão mantém-se até aos dias de hoje, o que proporciona a possibilidade de se atingirem desempenhos cada vez melhores, desde que os sistemas sejam adequadamente concebidos. As inovações que vão sendo introduzidas conduzem a melhorias nos desempenhos da rega e à adaptação da aspersão a uma maior variedade de solos, topografia, vegetação e clima. Este método é utilizado em cerca de 10% das áreas regadas de todo o mundo, sendo esta percentagem mais elevada em países desenvolvidos e com reduzidos custos de energia (Pereira, 2000).

Os emissores que proporcionam a rega por aspersão são os pulverizadores e os aspersores. Os pulverizadores são, geralmente, aparelhos que regam em jacto fixo e se utilizam em zonas do terreno com largura inferior a 5 metros, pois têm um alcance entre 0.5 e 5 metros. Quanto aos aspersores, estes são geralmente aparelhos que regam em jacto rotativo e se utilizam em zonas do terreno com largura superior a 5 metros, pois têm um alcance entre os 5 e 15 metros (Pacheco, 2009).

Os dispositivos de rega por aspersão são colocados espacialmente em intervalos regulares, para espalhar água por uma determinada zona. Há dois princípios que controlam a quantidade de água que é utilizada: a taxa de aplicação e a sua disposição. A taxa de aplicação depende da abertura dos bicos e da pressão da água. A disposição depende de uma combinação entre o espaçamento dos aspersores e o padrão em que se apresentam. Tipicamente os padrões são quadrados, triangulares (Figura 4.9) ou rectangulares (Irrisoft, 2004). No entanto esta situação óptima geralmente não é possível, e os aspersores têm de se adaptar a terrenos de formas complexas. Perante estas situações é recomendável que se inicie o desenho da disposição dos aspersores pelos vértices.

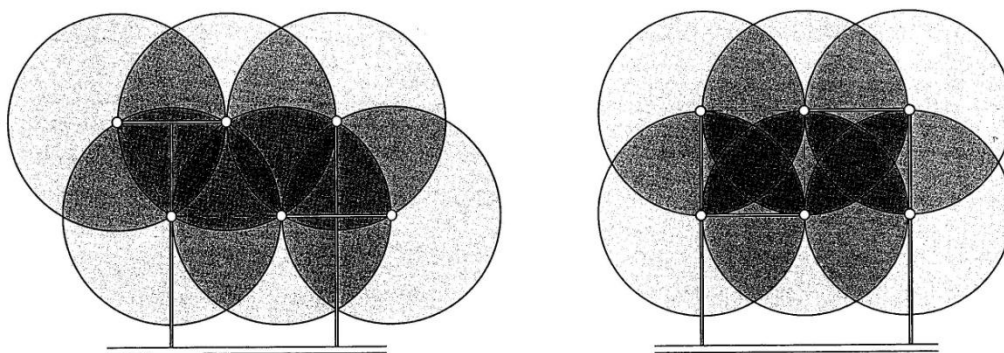


Figura 4.9: Disposição triangular e quadrada (Fonte: Beard, 2002).

Os aspersores e pulverizadores são essencialmente caracterizados por: pressão de funcionamento, P (kPa), ou carga hidráulica, H (m), necessária para fornecer a melhor distribuição de água; caudal, q (l/s ou m^3/h), que corresponde a uma dada pressão P ; diâmetro do círculo molhado, D_w (m), ou alcance, R (m), em que $R = D_w/2$, e cada R será correspondente a um dado par (P, Q). Nos catálogos de cada fabricante estão em geral especificadas as melhores combinações de Pressão (P) – Caudal (Q) – Diâmetro de círculo molhado (D_w). Geralmente os caudais dos aspersores vão desde $150 l/h$ até $100 m^3/h$ (Raposo, 1994a). Estes catálogos fornecem também informação relativa à disposição mais adequada para estes dispositivos (Irrisoft, 2004).

A adaptação de pulverizadores e aspersores às mudanças nos ângulos de rega são diferentes, uma vez que nos pulverizadores o caudal ajusta-se automaticamente consoante o ângulo de cada bico ($90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$), e nos aspersores, a cada bico corresponde determinado caudal fixo, ou seja, quando se tem de aplicar água num ângulo de 90° utiliza-se determinado bico, e quando se tem de regar uma zona de 180° utiliza-se um bico com o dobro do débito ou caudal daquele que foi utilizado para os 90° , para que seja aplicada a mesma quantidade de água. Assim, enquanto nos aspersores é necessário ir mudando os bicos consoante as situações, nos pulverizadores a adaptação é automática (Pacheco, 2009).

Normalmente, os fabricantes também fornecem uma linha de microaspersores, ou seja de aspersores que cobrem áreas com cerca de 5 a 6 metros, mas com caudal muito inferior, que pode ir desde 20 a $150 l/h$. Pode-se considerar que a microaspersão é “um sistema de rega intermédio entre a gota-a-gota e a verdadeira aspersão, aproximando-se mais de um ou de outro conforme o caudal fornecido pelos emissores utilizados” (Raposo, 1994a). A microaspersão teve origem nos anos 70 do século passado, na África do Sul e daí estendeu-se até aos EUA e Israel, tendo sido aqui que o método foi aperfeiçoado. Hoje em dia, é utilizada em todo o mundo, mas em menor escala do que a rega por aspersão ou a rega localizada (Raposo, 1994a).

Relativamente aos sistemas de rega localizada, estes caracterizam-se sobretudo por humedecerem apenas uma parte do solo, na forma de um bolbo que deve conter o sistema radicular da planta ou plantas a beneficiar (Raposo, 1994a). Quando se aplica a rega localizada em projectos de Arquitectura Paisagista os emissores habitualmente utilizados são os gotejadores, normalmente colocados à volta de árvores e arbustos, e a partir dos quais a água é fornecida a pontos do terreno, difundindo-se a partir destes até uma certa profundidade, e criando o referido bolbo. A primeira ideia da rega gota-a-gota parece ter surgido através do israelita Symcha Blass, em 1930, quando verificou que uma árvore que se situava junto a uma torneira que pingava gota-a-gota apresentava mais vigor do que as restantes árvores do pomar; no entanto, Symcha Blass não pôde desenvolver grandemente a sua ideia por não possuir as tubagens adequadas para efectuar esta modalidade de rega. Foi mais tarde, nas décadas de 60 e 70, que a rega por gotejamento foi especialmente desenvolvida, sendo os israelitas os principais responsáveis pelo aperfeiçoamento destes dispositivos (Sitton, 2000). Os gotejadores aplicam a água na zona da raiz da planta com uma taxa de aplicação muito inferior, comparativamente aos aspersores: necessitam de cerca de metade da quantidade de água que os aspersores precisam e, enquanto os gotejadores medem a sua entrega de água, ou seja, o caudal, em l/h ou mm/h , os aspersores medem-no em m^3/h ou l/s , sendo que os gotejadores apresentam geralmente caudais de 2 a 12 l/h . Refira-se também que a pressão a que a água se move nas tubagens é inferior na rega localizada comparativamente com a rega por aspersão, sendo que, na rega gota-a-gota a pressão vai desde 0,15 a 2 bar , sendo portanto uma pressão relativamente baixa (Raposo, 1994a). Também o espaçamento entre os emissores é muito inferior para a rega gota-a-gota; frequentemente é necessário ter mais do que um emissor por planta, e nestes casos deve ter-se em conta a quantidade de água que sai do conjunto dos emissores em cada planta (Amwua, 2005).

4.3 Critérios de Selecção dos Dispositivos de Rega – A Adaptabilidade dos Sistemas de Rega

4.3.1 A Adaptabilidade dos Sistemas de Rega a Diferentes Condições Ambientais

As características ambientais que se verificam num espaço verde têm influência na decisão do sistema de rega a utilizar em determinado projecto. Não há uma fórmula exacta para a escolha do sistema correcto, mas todos os factores devem ser analisados e procurar-se o maior equilíbrio entre as vantagens e desvantagens em cada situação.

4.3.1.1 Água

Relativamente à água, sempre que há um problema de escassez deve-se optar por dispositivos de rega gota-a-gota, pois estes sistemas geralmente excedem os 90% de eficiência, enquanto os de aspersão têm uma eficiência que, normalmente, se situa entre os 75 e 85%. Assim, a rega por gotejamento é muito melhor candidata quando se procura a conservação da água. A maior eficiência da rega localizada deve-se a dois factos. Primeiro, a água é aplicada cirurgicamente onde é preciso e segundo, a água entra no solo antes de ser possível que escoe ou evapore.

O modo como a rega gota-a-gota entrega a água faz com que este tipo de dispositivos tenha ainda outros benefícios, tais como: não serem a causa de constantes inundações, pois estas resultam do facto do solo e das plantas não terem capacidade para receber mais água a partir de certo ponto e neste tipo de rega a quantidade de água fornecida às plantas é muito inferior quando comparada com a aplicada na aspersão; e diminuírem os ataques de pragas, uma vez que, ao ser assegurado o nível correcto de humidade à volta da raiz, não se vão verificar condições propícias para o desenvolvimento de infestantes (Landphair & Klatt, 1988).

A qualidade da água também pode exercer influência na escolha do sistema de rega. Quando as águas fornecidas apresentam uma salinidade elevada, o adequado é mais uma vez, optar por um sistema de rega gota-a-gota, pois quanto maior a quantidade de sais dissolvidos na água de rega e na solução do solo, maior terá de ser o esforço da planta para extrair água. No caso da rega gota-a-gota, por se tratar de um tipo de rega de alta frequência, o bolbo humedecido, que irá abranger a zona de desenvolvimento radicular, estará muito próximo de uma situação de saturação, o que faz com que exista uma tensão osmótica tal, que é possível a absorção de água pelas raízes. Para além disso, a rega gota-a-gota, na ocorrência de águas de salinidade elevada, tem ainda a vantagem de nunca proporcionar o contacto directo das folhas com a água, evitando-se assim as queimaduras que as águas salinas podem provocar ao evaporarem e deixarem o sal nas folhas das plantas (Sitton, 2000).

4.3.1.2 Solos

Quanto aos solos, deve-se ter em conta a sua estrutura e textura, e consequente capacidade de retenção e taxa de infiltração.

A aspersão, geralmente não é adequada a solos argilosos, isto é, solos com uma taxa de infiltração muito baixa, $\leq 3 \text{ mm/h}$, portanto quando se está perante solos de textura fina deve-se optar pela rega por gotejamento (Pereira, 2000).

No entanto, para solos de textura média e grosseira, ou seja, solos com uma baixa capacidade de retenção e uma maior taxa de infiltração, pode-se utilizar a rega por

aspersão. Os diferentes dispositivos de rega por aspersão, aspersores e pulverizadores, apresentam taxas de aplicação bastante distintas, sendo os valores médios de aplicação dos pulverizadores muito superiores quando comparados aos dos aspersores. Com efeito, nos pulverizadores a taxa de aplicação média é de 45 mm/h, e nos aspersores a taxa de aplicação média situa-se entre 12 e 16 mm/h. Portanto, tendo em conta estes valores e a Tabela 4.2 (secção 4.1.3), que indica que quanto à textura, a taxa de infiltração é maior nos solos arenosos e quanto ao declive, a taxa de infiltração é maior nos solos menos declivosos, pode-se concluir que os pulverizadores, por possuírem taxas de aplicação mais elevadas, são os dispositivos adequados para solos arenosos de reduzidos declives, e os aspersores, por sua vez, são mais apropriados para solos arenosos mais declivosos ou para solos de textura média de qualquer declive. Caso estes aspectos não sejam tidos em conta e, por exemplo, se utilize um pulverizador com uma taxa de aplicação de 45 mm/h num solo declivoso de textura média, vão certamente ocorrer problemas de escorrimento, encharcamento e erosão, pois a taxa de infiltração é muito inferior à taxa de aplicação (Pacheco, 2009).

Os solos arenosos são menos aptos à rega gota-a-gota, excepto quando possuem estratificação horizontal, que irá favorecer o movimento horizontal da água, caso contrário ocorre percolação profunda. Pelo contrário, o uso de gotejadores mostra-se apropriado para solos de textura fina e média (Figura 4.10). No caso de se querer utilizar a rega localizada num solo arenoso deve-se optar preferencialmente pela aplicação da microaspersão ou, em caso de recurso, pelo aumento do número de gotejadores.

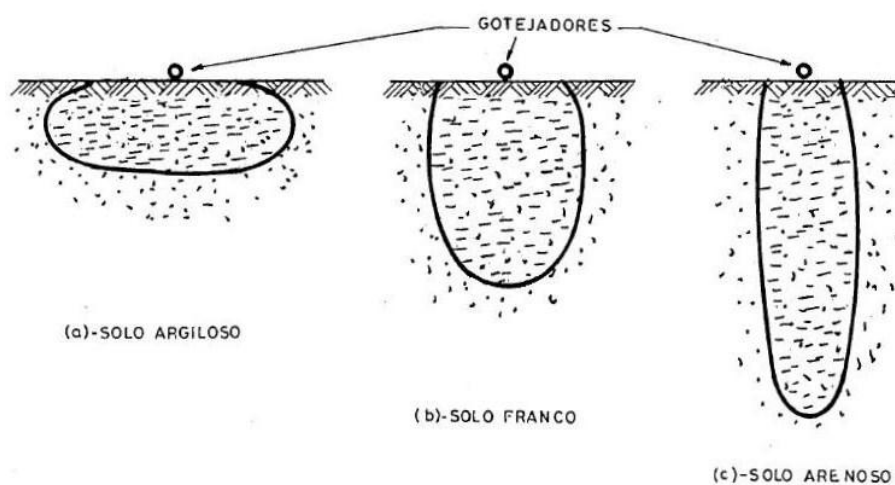


Figura 4.10: Tipos de bolbos originados pela rega gota-a-gota (Fonte: Raposo, 1994a).

Para se obter uma rega eficiente, uniforme e sem uma percolação excessivamente profunda, é necessário ter em conta as mudanças na capacidade de infiltração do solo à medida que se rega, como já foi referido anteriormente. Na rega por aspersão, o modo de aplicação muda consoante o uso de aspersores ou pulverizadores. Quando se utilizam aspersores com cabeças de impacto, a água não é aplicada continuamente em toda a área abrangida pelo dispositivo, e portanto a capacidade de infiltração do solo não vai diminuir rapidamente. No entanto, com os pulverizadores a aplicação de água é contínua, havendo perdas de água com o passar do tempo pois a taxa de infiltração do solo vai diminuir rapidamente. Esta situação vem, mais uma vez, reforçar a ideia de que os pulverizadores devem ser utilizados nos solos de textura mais grosseira, em que a capacidade de retenção da água é menor e as taxas de infiltração são maiores.

4.3.1.3 Planta

Relativamente à vegetação, enquanto a rega por aspersão, em geral, pode ser utilizada com todos os tipos de material vegetal, a rega por gotejamento, por sua vez, pode ser aplicada em árvores, arbustos e herbáceas, mas não deve nunca ser utilizada em relvados. Isto porque, a rega por gotejamento aplica a água individualmente, e os relvados, pela extensa área que ocupam, necessitariam de numerosos emissores, o que não se revela proveitoso a vários níveis (Pereira, 2000).

4.3.1.4 Clima

Quanto ao clima, em ambientes de baixa humidade relativa, temperaturas elevadas e de vento forte, isto é, em climas secos, quentes e ventosos, quando se utiliza a rega por aspersão podem ocorrer perdas apreciáveis de água por evaporação e arraste pelo vento, e portanto deve-se optar pela rega localizada. A aspersão é muito sensível ao vento, pois este pode afectar os seus padrões de distribuição da água, causando danos na vegetação, especialmente naquela que se situa no lado contrário ao vento (Pereira, 2000). Relativamente à rega gota-a-gota, esta pode ser utilizada sem grandes inconvenientes perante a maioria das condições climáticas.

4.3.2 A Adaptabilidade dos Sistemas de Rega a Diferentes Tipologias de Espaços Verdes

Os espaços verdes, mesmo que se encontrem na mesma área urbana, apresentam características ambientais completamente diferentes. Neste caso consideram-se as seguintes tipologias: parques urbanos, árvores de arruamento e jardins. Apesar da grande influência dos factores ambientais, vão-se analisar, genericamente, as

vantagens e desvantagens dos sistemas de rega sob pressão, rega por aspersão e rega localizada, em cada um destes espaços verdes.

4.3.2.1 Parques Urbanos

Quanto aos parques urbanos, de acordo com Püeckler “o parque deve possuir o carácter da natureza indomada, onde a mão humana é visível apenas nas estradas bem conservadas e nos edifícios criteriosamente dispersos” (Miller, 2006). Portanto, os parques urbanos têm como objectivo retratar a natureza reduzindo ao mínimo a influência do homem.

Nestes espaços verdes, em geral, os dispositivos de rega mais adequados são os de aspersão, facto que se deve a várias razões. Primeiro, a rega por aspersão requer uma menor quantidade de equipamento e material para cobrir uma grande paisagem, em comparação com o necessário para o funcionamento dos dispositivos de microrrega. Segundo, este tipo de rega tem benefícios a nível económico pois, o seu custo inicial de instalação, por m^2 , é inferior ao da rega gota-a-gota e os seus equipamentos requerem uma menor manutenção, sendo em geral totalmente automatizados, reduzindo as necessidades de mão-de-obra ao mínimo (situação que será mais explorada na secção 5.1 relativa à Automatização da Rega). Terceiro, os sistemas de rega localizada são um alvo mais fácil do vandalismo, o que resulta do facto de serem constituídos por pequenas partes e do seu sistema de distribuição estar geralmente exposto à superfície. E, por último, estes sistemas entregam a água à vegetação de uma forma semelhante à precipitação, podendo-se dizer que é como uma simulação de chuva natural, o que irá contribuir também para manter a folhagem das plantas limpa (Landphair & Klatt, 1988; Pereira, 2000).

4.3.2.2 Árvores de Arruamento

Relativamente às árvores de arruamento, a sua presença no domínio da vegetação urbana é de grande importância. Apesar do termo ‘árvore urbana’ ter sido definido em 1970 por Jorgesen, e portanto, ser relativamente moderno, as árvores surgiram na estrutura urbana por volta do século XVIII, “tendo sido nessa altura que se realizaram as primeiras plantações sistemáticas de árvores nas ruas e praças das cidades.” Mais tarde, criaram-se os *boulevards* em Paris e este movimento “estendeu-se pelas cidades de todo o mundo, grandes e pequenas, chegando a estabelecer-se como padrão na última metade do século XIX e na primeira do século XX” (Miller, 2006). As crescentes apreensões ambientais do homem fizeram com que a expansão da arborização urbana se mantenha até aos dias de hoje sendo actualmente considerada com um elemento essencial dentro da concepção urbana. Consequentemente, é muito

importante que a estética das árvores urbanas seja tida em consideração, o que faz a sua manutenção e consequentemente a rega seja de grande importância.

Os sistemas de rega mais adequados para as árvores de arruamento são os de rega localizada. Estes dispositivos são os mais apropriados por várias razões. Primeiro, porque aplicam a água individualmente, e as árvores de arruamento estão colocadas de modo individual, podendo-se assim disponibilizar, para cada elemento vegetal, um certo número de emissores, consoante o tamanho da árvore. Assim, a água será aplicada directamente na raiz, não dando origem aos desperdícios que teriam lugar com os sistemas de aspersão, ao regarem para lá da árvore e provocando inundações desnecessárias nas ruas. Segundo, porque possibilitam uma rega mais eficiente, como já foi referido anteriormente, a sua eficiência é, regra geral, superior a 90%, o que significa também, uma rega mais uniforme e, uma vez que as árvores de arruamento têm impacto directo na qualidade estética do espaço urbano, é essencial possuírem raízes fundas, saudáveis e portes arbóreos de semelhantes dimensões entre si. Por fim, é ainda de realçar que o problema do vandalismo dos sistemas gota-a-gota não é tão significativo nas árvores de arruamento, porque estas estão geralmente protegidas por caldeiras metálicas, sendo os dispositivos de rega de difícil acesso. Refira-se ainda que os sistemas de rega gota-a-gota apresentam frequentemente problemas de entupimento, devido a detritos, impurezas, precipitados, etc., problema que poderá ser atenuado se forem utilizados os materiais de filtragem adequados (Raposo, 1994a).

Um exemplo de sistemas de rega localizada adequados para árvores de arruamento são os sistemas de rega sub-superficial, nomeadamente os sistemas de rega radicular disponibilizados pela RainBird e os sistemas alagadores de raízes disponibilizados pela Hunter (Figura 4.11), ambos são eficientes e 100% defendidos contra o vandalismo.

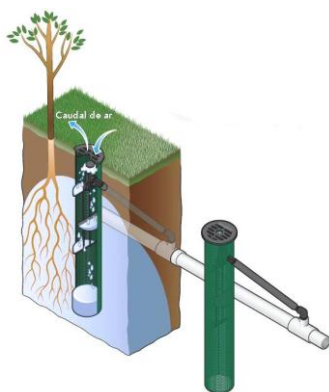


Figura 4.11: Exemplo de sistema alagador de raízes (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).

4.3.2.3 Jardins

Quanto aos jardins, pode dizer-se que se tratam de “espaços físicos com uma cota artificial, onde o ser humano dispôs uma série de elementos – nem sempre vegetais – com uma organização plástica e um objectivo expressivo. Uma característica da criatividade sempre dependente do tempo” (Miller, 2006). Portanto, os jardins diferenciam-se dos parques sobretudo por terem mais presente a influência antropogénica.

Tendo em consideração tanto os jardins públicos como os privados, não se pode considerar que haja, genericamente, um dispositivo de rega mais adequado do que outro. Tudo depende do desenho do espaço, dos materiais que o compõem, da vegetação proposta, daquilo que o responsável está disposto a pagar, etc. Os jardins são os locais em que se encontra uma maior diversidade de zonas dentro do mesmo espaço verde, isto é, diferentes tipos de vegetação, diferentes formas de disposição da vegetação, variações altimétricas, etc. E, quanto maior for a diversidade de zonas, mais pesada será a gestão do espaço verde, logo vai haver um aumento dos custos de manutenção e, por conseguinte, um aumento dos gastos com rega, pois uma maior diversidade de zonas implica um maior número de hidrozonas (Brízida, 2010). Nos jardins, a caracterização das zonas de rega vai definir não só as diferentes necessidades hídricas, mas também o método de rega a aplicar. Frequentemente, estes espaços apresentam uma geometria muito particular, dificultando o funcionamento de aspersores de ângulos fixos, sendo nestes casos necessário recorrer a aspersores de ângulos variáveis quando for inevitável regar um relvado de desenho complexo. Nestes espaços é muito frequente a utilização de casca de pinheiro ‘*mulch*’ devido à sua capacidade de reter a água, diminuindo a quantidade de água perdida por evaporação e aumentando, a longo prazo, a quantidade de matéria orgânica no solo.

A Tabela 4.7 faz um resumo de alguns dos factores ambientais referidos anteriormente, e acrescenta outros que variam de acordo com as disponibilidades dos responsáveis pelos espaços verdes, nomeadamente os relacionados com os custos da água, poupança de mão-de-obra, etc.

Tabela 4.7: Factores que influenciam a decisão sobre o sistema de rega (Fonte: Pereira, 2004).

| Factores | Aspersão | Localizada |
|---------------------------------------|---------------|---------------|
| Preço da água | Médio | Alto |
| Fornecimento da água | Regular | Contínuo |
| Disponibilidade da água | Média | Limitada |
| Pureza da água | Sem sólidos | Elevada |
| Infiltrabilidade do solo | Média a alta | Média a baixa |
| Capacidade de armazenamento do solo | Média a baixa | Não limitante |
| Topografia | Relevo suave | Irregular |
| Sensibilidade ao défice hídrico | Moderada | Alta |
| Valor da produção de material vegetal | Médio | Alto |
| Custo da mão-de-obra | Médio | Alto |
| Custo da energia | Baixo | Moderado |
| Disponibilidade de capital | Média a alta | Alta |
| Exigência em tecnologia | Média a alta | Elevada |

4.4 Medidas com vista à Eficiência de Aplicação e à Uniformidade de Distribuição nos Sistemas de Rega

Nesta fase da realização dos Planos de Gestão de Rega, em que são analisadas as condicionantes com vista à adequada instalação dos sistemas de rega, é importante referir as medidas que deverão ser tidas em conta na etapa de concepção para que, posteriormente, na fase monitorização e avaliação, os indicadores de desempenho, designadamente a uniformidade e a eficiência, apresentem valores mais satisfatórios.

Na rega por aspersão a uniformidade depende dos seguintes factores:

1. Forma de distribuição da água pelo aspersor

A *performance* dos emissores está relacionada com a altura e ângulo de elevação do jacto. Quanto mais baixo estiverem colocados os aspersores, menor será o raio de distribuição e mais água estará concentrada junto ao emissor, portanto menor será a uniformidade (Irrisoft, 2004).

De qualquer modo, os aspersores não conseguem produzir uma rega regular sobre todo o ciclo molhado; tal como se pode verificar na Figura 4.12, a altura da água aplicada é sempre maior junto ao emissor (Pacheco, 2009).

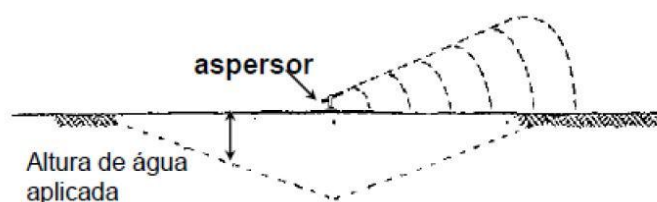


Figura 4.12: Distribuição da água pelo aspersor (Fonte: Pacheco, 2009).

2. Disposição dos aspersores

Tal como se pode depreender da alínea anterior, é necessário colocar os dispositivos mais próximos para atingir uma maior uniformidade de rega, dando origem à sobreposição dos padrões de aplicação, tal como se pode observar na Figura 4.13 (Pacheco, 2009).

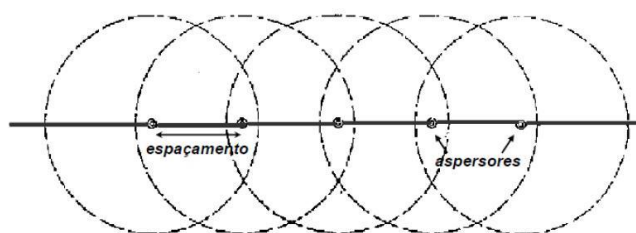


Figura 4.13: Espaçamento entre aspersores (Fonte: Pacheco, 2009).

Isto irá resultar numa maior uniformidade da altura de água aplicada, como se pode observar nas figuras 4.14 e 4.15, onde a distribuição da água infiltrada é quase uniforme.

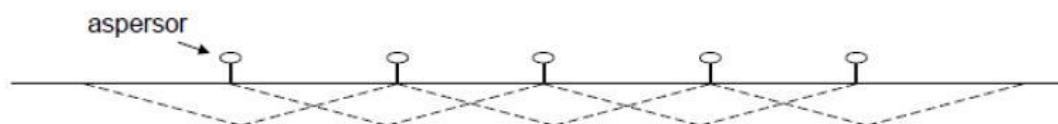


Figura 4.14: Aplicação da água (Fonte: Pacheco, 2009).

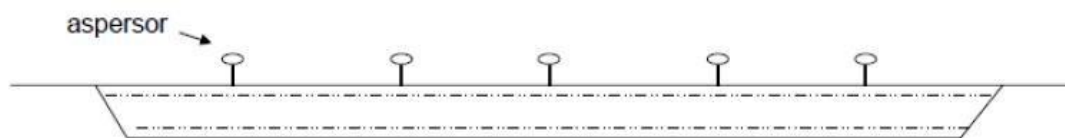


Figura 4.15: Aproximação da aplicação da água (Fonte: Pacheco, 2009).

Quanto mais próximo for o espaçamento entre emissores, maior será a uniformidade. No entanto, isto significa sempre um maior número de dispositivos e taxas mais elevadas de aplicação de água, e portanto custos mais elevados. Logo, o sistema de aspersão normalmente não é projectado com vista a uma uniformidade de 100%, mas sim a uma boa uniformidade. Regra geral, considera-se que quando temos sobreposição de cerca de 50% do diâmetro molhado ou mais, estamos perante uma boa uniformidade (Pacheco, 2009).

3. Características dos aspersores

Considera-se em especial a dimensão do bocal. A engenharia e manufatura dos bicos tem um grande efeito na uniformidade da distribuição, e estes devem apresentar tamanhos proporcionais para que a taxa de aplicação de água vinda de todos os aspersores seja combinada (Irrisoft, 2004).

4. Pressão de funcionamento e variação da pressão dentro do sistema

A pressão irá afectar a velocidade, distância alcançada, e tamanho das gotículas do jacto de água (Irrisoft, 2004).

5. Velocidade e direcção do vento

Apesar de todos os esforços praticados pelas equipas de designers, fabricantes, instaladores e manutenção, o vento pode perturbar drasticamente a uniformidade de distribuição. Há medidas que se podem tomar para compensar as condições ventosas, nomeadamente, diminuir os espaçamentos entre emissores e controlar o tamanho das gotículas do jacto de água; estas devem possuir o maior tamanho possível para que não sejam transportadas pelo vento, portanto a pressão de saída do jacto de água deve ser pequena, de modo a originar gotículas de água também pequenas (Irrisoft, 2004).

6. *Modelação do terreno*

Como é natural, o relevo irá também afectar a uniformidade de distribuição, uma vez que a água vinda dos aspersores pode ficar mais perto ou ir mais longe, consoante as condições do terreno (Oliveira, Nunes & Fabião, 2003).

A eficiência de aplicação em sistemas de rega por aspersão irá depender das variáveis referidas anteriormente, e ainda dos seguintes factores já abordados na secção 4.1:

- Infiltração do solo;
- Escoamento superficial;
- Taxa de aplicação;
- Duração da rega;
- Défice hídrico da zona radicular (Pereira, 2004).

Na rega localizada, a uniformidade de distribuição depende de alguns factores em comum com a rega por aspersão, nomeadamente o espaçamento entre emissores, a pressão de funcionamento e variação da pressão dentro sistema, e ainda as características dos emissores. No entanto, para obter uma boa uniformidade com a rega localizada, é também necessário ter em conta outros factores. Assim, para além dos factores referidos anteriormente, a uniformidade de distribuição irá também depender de:

1. *Disposição dos emissores;*
2. *Pressão de funcionamento e variação da pressão dentro sistema;*
3. *Características dos emissores;*
4. *Susceptibilidade do emissor à variação de caudal;*
5. *Susceptibilidade do emissor ao entupimento;*
6. *Adequação da filtragem* (Pereira, 2004).

A eficiência de aplicação da rega localizada, tal como se verificou para rega por aspersão, irá depender dos mesmos factores da uniformidade acrescentando-se algumas variáveis, nomeadamente:

- Condutividade hidráulica do solo;
- Teor de humidade do solo (Pereira, 2004).

5. IMPLEMENTAÇÃO

Uma vez concluída a fase de planeamento da rega onde, tal como já foi referido no capítulo 4, se dá resposta às questões “quanto regar?”, “como regar?”, e “quando regar?”, segue-se a implementação da rega que será feita através da programação.

5.1 Automatismos dos Sistemas de Rega

A opção entre sistemas de rega manuais, semi-automáticos ou automáticos é crucial para definir a programação da rega. Logo, é importante analisar qual o modo de funcionamento e as consequências a que cada uma destas opções conduz.

5.1.1 Sistemas de Rega Manuais

A rega manual requer a acção directa por parte do trabalhador em toda a acção de rega. Pode ser realizada por sulcos, balde, regador ou mangueira (Brízida, 2010). Neste tipo de modalidade é feito um plano de rega que se deve adaptar às condições meteorológicas e ser actualizado, pelo menos, sazonalmente. Os sistemas de rega totalmente manuais só se justificam em instalações muito pequenas ou em situações provisórias.

5.1.2 Sistemas de Rega Semi-automáticos

Os sistemas de rega semi-automáticos apresentam diferentes graus de automatização. Podem ir desde sistemas em que a rega se inicia manualmente e termina quando as válvulas volumétricas indicam que já foi fornecido o volume de água necessário, até sistemas em que há um controlador central, no qual foi introduzida manualmente uma programação de rega que irá manipular o funcionamento das válvulas eléctricas. Estes sistemas podem ser fixos ou não fixos, e a programação da rega irá depender do grau de automatização que apresentam.

5.1.3 Sistemas de Rega Automáticos

Na rega automática, todos os elementos de rega estão fixos e a operação de rega é totalmente gerida por controladores que através de sensores actualizam as necessidades de rega diariamente e manipulam as válvulas eléctricas. Este sistema é vantajoso em relação aos anteriores pois aumenta a precisão de rega. Assim, apesar dos maiores custos de instalação que se verificam, pode-se constatar que a rega automática é a mais benéfica, a longo prazo, a todos os níveis: a nível estético, por

aplicar a água mais eficazmente; a nível económico, por necessitar de menos mão-de-obra e dar origem a menos gastos com a água; e por fim, a nível ambiental devido ao maior controlo que exerce sobre os recursos hídricos (Brízida, 2010).

5.1.4 Controladores e Sensores de Medição

Os controladores são considerados os cérebros dos sistemas de rega, sendo essenciais para que a água seja aplicada na quantidade necessária, com a adequada duração e no dia e hora certos, de modo a que a rega atinja elevados níveis de eficiência. Os controladores começaram a ser utilizados cerca dos anos 80 do século passado e desde aí evoluíram de simples temporizadores de rega mecânicos e electromecânicos (Figura 5.1), até complexos sistemas com base em computadores que permitem um adequado controlo da água, energia e químicos, enquanto respondem às mudanças do ambiente e ao estado de desenvolvimento da vegetação (Zazueta *et al.*, 1994) (Figura 5.2).

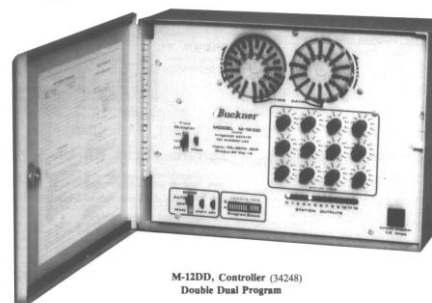


Figura 5.1: Controladores nos anos 80 (Fonte: Carlson, 2009).

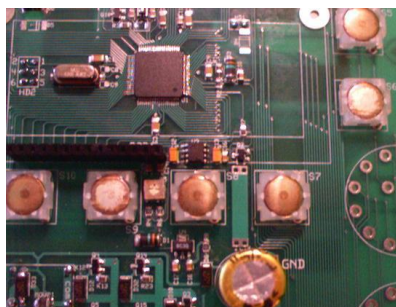


Figura 5.2: Controladores na actualidade (Fonte: Carlson, 2009).

Os controladores estão presentes tanto em sistemas semi-automáticos como em sistemas automáticos, no entanto, enquanto nos primeiros a informação que o controlador possui, e a partir da qual manipula as válvulas, é introduzida

manualmente, nos sistemas automáticos os dados provenientes dos controladores são obtidos através de sensores. Os sistemas de rega semi-automáticos com controladores podem ser chamados de sistemas de controlo abertos; estes tal como já foi referido, necessitam de intervenção externa, sendo o trabalhador a criar uma programação e a dar esta informação ao controlador. Os sistemas de rega automáticos, por sua vez, são os sistemas de controlo fechados; nestes a informação é dada ao controlador através de um ou mais sensores e com base na informação dos sensores é tomada a decisão de rega (Zazueta *et al.*, 1994).

Os sensores são então ferramentas de medição que permitem melhorar a eficiência dos sistemas. Estes fornecem continuamente ao controlador informações relativas às variáveis que influenciam as disponibilidades hídricas e, deste modo, possibilitam que as necessidades de rega sejam colmatadas mais eficazmente. Alguns dos parâmetros que são medidos através de sensores são, por exemplo, a evapotranspiração, a precipitação e a humidade do solo.

A evapotranspiração da paisagem, ET_L está dependente de vários factores climáticos, e por conseguinte os seus valores são obtidos através de estações meteorológicas. Os espaços verdes podem possuir uma estação meteorológica equipada com os sensores necessários para estimar a evapotranspiração de referência, ou seja os sensores de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e humidade relativa. Ou, caso a estação não se encontre no espaço verde, existe um receptor das condições climáticas que recebe a informação vinda da estação meteorológica local através de frequências de rádio (Figura 5.3).



Figura 5.3: Receptor de condições climáticas (Fonte: Irrisoft, 2004).

Por exemplo, no Parque Recreativo do Alto da Serafina em Lisboa, que possui uma área regada de 15.314 m^2 , foi instalado um sistema de rega automático associado a uma estação meteorológica. Segundo dados disponibilizados pela Câmara Municipal de Lisboa, este investimento foi recuperado logo no primeiro ano, apenas em poupança de água e no segundo ano de instalação, ao serem gastos menos 29.400 m^3 de água, houve do ponto de vista económico uma poupança de cerca de 35.000 € . Contudo, é importante notar que existe uma estreita relação entre a envergadura do projecto e a necessidade de aplicação destes dispositivos, uma vez que actualmente os gastos económicos despendidos na aplicação de estações meteorológicas apenas as tornam justificáveis em grandes áreas. Por sua vez, pequenos espaços verdes, devem optar pela utilização de sensores de chuva.

Os sensores de medição da precipitação devem funcionar de tal modo que, quando ocorre um nível definido de queda de chuva, o sistema de rega é imediatamente interrompido, uma vez que as necessidades hídricas estão a ser correspondidas, permitindo ao sistema retomar a rega quando o sensor seca (Amwua, 2005). A tecnologia disponível relativamente a estes dispositivos é vasta e de fácil acesso ao utilizador mais comum, portanto espaços verdes de pequena envergadura devem optar pela utilização de um sensor de chuva. Nestes locais o responsável introduz manualmente a informação relativa às necessidades hídricas, mas os sistemas instalados devem ter a capacidade de interromper a rega automaticamente quando as necessidades hídricas foram correspondidas através da precipitação.

Para além da evapotranspiração e da precipitação, também o valor da humidade do solo poderá ser medido através de sondas que fornecem dados relativos à quantidade de água armazenada no solo. Normalmente estes dispositivos funcionam de modo a que a rega seja suspensa até que o nível de humidade do solo seja tal que as plantas requerem mais água. Exemplos de sensores de humidade do solo são os tensiómetros (Figura 5.4) e os blocos de gelo.

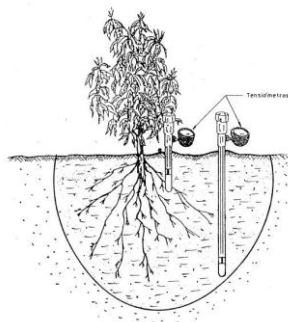


Figura 5.4: Exemplo de utilização de tensiómetros na rega gota-a-gota (Fonte: Raposo, 1994a).

Nestas condições, a decisão de quando regar dos sistemas de controlo que se encontram no mercado pode basear-se em:

- 1) Medições de precipitação;
- 2) Medições directas da humidade do solo utilizando os sensores;
- 3) Medições da evapotranspiração;
- 4) Mais do que uma das opções anteriores (Zazueta *et al.*, 1994).

A forma mais simples de funcionamento de um sistema de controlo é através de um controlador de rega de baixa capacidade associado a um sensor de precipitação.

5.2 Programação da Rega

A programação da rega é a informação fornecida ao controlador, através de ondas de rádio ou de fios eléctricos, quando se está perante um sistema de rega totalmente automatizado, ou manualmente pelo trabalhador, quando se utilizam sistemas apenas semi-automatizados ou manuais. A programação da rega vai precisar de ajustamentos e tem de se comprometer a lidar com situações inadequadas do sistema de rega (Irrisoft, 2004).

5.2.1 Os Agentes que Influenciam a Programação

Para conseguir uma correcta programação é fundamental considerar todos os factores ambientais que afectam a necessidade de rega, conjuntamente com a capacidade do sistema de rega para repor essas mesmas necessidades.

Os factores ambientais afectam as necessidades hídricas e podem ser agrupados em duas categorias. A primeira é a dos factores extremamente variáveis onde se incluem as condições meteorológicas; estes factores são continuamente alvo de supervisão nos sistemas de rega automáticos através dos sensores, e são os principais responsáveis pela necessidade de reprogramações cíclicas nos sistemas de rega semi-automáticos. Nestes casos, é importante ajustar os planos de rega dos sistemas de controlo semi-automáticos pelo menos uma vez em cada estação, pois pode-se reduzir o uso da água de rega em 30 a 50% ao adaptar a rega sazonalmente (Amwua, 2005). A outra categoria é a dos factores mais estáveis, onde se inclui o tipo de planta, a profundidade das raízes, a densidade da vegetação, as características do solo e o declive, factores que normalmente necessitam de poucos ajustes. Por exemplo, no caso da vegetação é importante saber o seu estado de desenvolvimento, uma vez que as plantas têm maiores necessidades hídricas na sua fase inicial, pois precisam de água para desenvolver as suas raízes. Neste período as regas são mais frequentes

mas com durações mais pequenas pois as raízes ainda não estão estabilizadas; no entanto, uma vez estabelecido o sistema de enraizamento, o tempo de duração de funcionamento do controlador terá de ser aumentado, o que irá diminuir a frequência e aumentar a profundidade da rega. Este processo irá demorar uma ou duas estações de crescimento (Ribeiro, 2009).

As capacidades dos sistemas de rega são outra das variáveis que devem ser tidas em conta quando se faz a programação da rega. Há itens que se podem considerar essenciais para avaliar essas capacidades, como por exemplo, a pressão de funcionamento, as características dos emissores, a uniformidade de distribuição, a eficiência de aplicação e o tamanho da tubagem central (Irrisoft, 2004).

5.2.2 A Duração e a Frequência da Rega

A duração e a frequência da rega são os dois factores que determinam quanta água será aplicada pelo sistema. A rega pode ser feita com grandes caudais e pouca frequência semanal, ou com pequenos caudais e grande frequência semanal. De um modo geral, a opção deve recair sobre a primeira hipótese, pois com o segundo método as raízes não se poderão desenvolver de um modo saudável (Brown, 2006; Soroohan & Samples, 2008). No entanto, para solos de textura fina ou de topografia acidentada, frequentemente é mais aconselhável um aumento da frequência de rega pois esta situação irá prevenir o escoamento, a erosão e perdas de água (Ashok & Ashok, 2010).

Quanto à duração da rega, esta está essencialmente dependente de duas características do sistema de rega, a sua taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição que o sistema consegue proporcionar. A rega irá durar o tempo necessário para que um solo que perdeu a capacidade de água utilizável restabeleça a capacidade de campo na zona da raiz. Quando se usa uma duração fixa baseada no volume de água que o solo pode receber, as necessidades de rega são geridas por mudança da sua frequência.

Relativamente à frequência de regas por semana, esta está sobretudo relacionada com as condições meteorológicas, e deve-se basear na premissa de que a água do solo deve sair até ao limite mínimo para que se inicie uma nova rega; este limite mínimo consiste na depleção permitida, variável que foi analisada na secção 4.1.3 deste trabalho. Assim, para calcular a frequência de rega pode-se utilizar a seguinte expressão:

$$\text{Dias} = \text{NR/DP}, \quad (5.1)$$

em que: Dias – número de dias de rega durante determinado período; NR – necessidades de rega correspondentes a determinado período; DP – depleção permitida (Irrisoft, 2004).

Quando são utilizados dispositivos de rega por aspersão, a duração da rega é frequentemente subdividida em múltiplos ciclos, pois as várias sobreposições dos padrões de aplicação podem fazer com que em algumas áreas a taxa de aplicação exceda a taxa de infiltração. Assim, deve-se ter em conta a máxima duração do ciclo de rega em minutos, antes que comecem as perdas de água. Portanto, deve-se usar mais do que um tempo de início de regas, de forma a maximizar a infiltração de água no solo (Beard, 2002).

5.2.3 Os Tempos de Início de Rega

A decisão do tempo de início da rega, ou seja, da hora do dia a que esta será feita é crucial para a adequada rega de um espaço verde, pois consoante a hora pode-se prevenir a evaporação da água e o desenvolvimento de doenças. No Inverno é geralmente mais aconselhável regar nas primeiras horas da manhã, por exemplo, entre as 5 e as 9 horas, uma vez que, a meio do dia há rápida evaporação da água e durante a noite a água de rega poderá arrefecer rapidamente. No Verão, contudo, a hora de rega mais apropriada é variável, nalguns locais é mais aconselhável regar nas primeiras horas do dia, tal como se verifica no Inverno; no entanto, se os dias forem quentes de tal modo que mesmo nas primeiras horas da manhã a taxa de evaporação é muito elevada, pode-se optar pela rega durante a noite, mas é importante que o espaço verde não se situe num local de elevada humidade, pois, nestas situações ao regar durante a noite as plantas irão permanecer molhadas por um longo período de tempo, o que aumentará a sua susceptibilidade a doenças (Brown, 2006; Oliveira, Maia & Santos, 2003; SoroChan & Samples, 2008).

Assim, na escolha de um controlador automático, devem-se ter em conta algumas das suas características, entre as quais: o número de programas, o seu diferente início, os sensores que têm instalados e as opções de controlo de rega durante o dia (Amwua, 2005). A Figura 5.5 exemplifica as opções que podem ser manipuladas num controlador simples.

Com a programação da rega, estão em jogo a saúde da vegetação e o uso responsável dos recursos de água. A programação deve ser sempre planeada e nunca baseada exclusivamente na reacção a resultados pois, muito frequentemente, as programações só são alteradas quando a paisagem começa a apresentar sinais de secura ou surgem poças de água à superfície, situação errada uma vez que já foram

provocados danos nas plantas que podem ser irreversíveis ou perdas de água completamente desnecessárias (Irrisoft, 2004).

Portanto, enquanto a projecção do arquitecto paisagista e a definição da instalação dos sistemas de rega devem ser feitas tendo em conta as necessidades hídricas anuais e perante condições extremas nos espaços verdes, para uma correcta decisão de rega é necessário muito mais do que isso, pois as necessidades de água variam a um passo de tempo diário (Afonso, 2007). Assim, é essencial a escolha de um bom programador para o sucesso de um espaço verde.

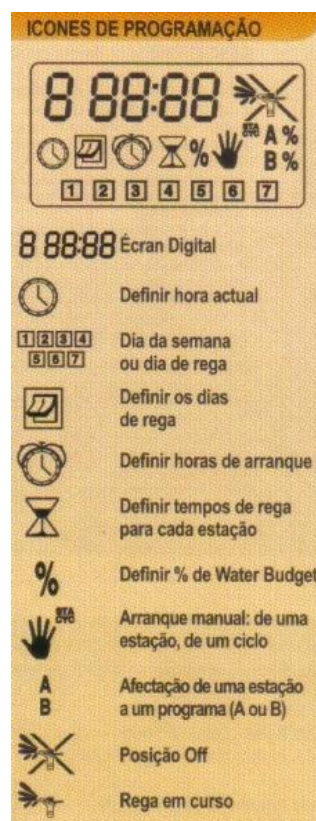


Figura 5.5: Ecrã de um controlador de baixa capacidade (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

6. A MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA REGA

Uma vez tomada a decisão de rega e feita a sua aplicação, torna-se fundamental monitorizar a sua *performance* pois os sistemas e as práticas de rega não devem ser colocados em funcionamento e esquecidos. Os sistemas são uma complexa combinação de emissores, tubagens, válvulas, bombas e materiais de controlo, e as práticas de rega devem variar constantemente de acordo com as alterações climáticas e as diferenças de humidade do solo, pelo que há demasiados factores que poderão contribuir para uma rega inadequada. Por último, deverá ser feita uma avaliação que terá em conta os indicadores de desempenho, nomeadamente a eficiência e a uniformidade de distribuição.

6.1 Monitorização

A monitorização deve ser realizada tanto em relação às práticas de rega como ao bom funcionamento dos sistemas de rega. Assim, algumas variáveis que devem ser consideradas para a monitorização da rega são, a evapotranspiração, a *performance* dos emissores, a frequência e a duração de funcionamento do sistema. Estas monitorizações devem ser realizadas em ciclos, que podem ser semanais, mensais, bimestrais, anuais, etc.

No caso dos sistemas de rega que possuem um sistema de controlo de alta capacidade, a monitorização das práticas de rega será feita continuamente e de modo automático, pois o sistema de controlo vai actualizar diariamente as necessidades hídricas da vegetação (Zazueta *et al.*, 1994). No entanto, nos sistemas de rega de capacidade inferior, consoante estes estejam ou não associados a sensores de precipitação ou de humidade do solo, os responsáveis pela rega deverão procurar dados relativos aos valores de evapotranspiração, precipitação efectiva e humidade do solo, para que haja prevenção de problemas e uma maior eficácia da rega. A frequência da procura de dados relativos às condições ambientais irá depender da envergadura do projecto. No caso específico da análise da humidade do solo, o responsável pela rega pode optar por uma simples prova de solos com base na sua aparência e aspecto; este método é barato e o mais aconselhável para espaços verdes de reduzidas dimensões.

As monitorizações podem ser feitas com o auxílio de equipamentos automáticos tais como os sistemas de monitorização dos equipamentos de bombagem e os equipamentos de monitorização da qualidade da água e salinidade dos solos (Irrisoft, 2004). E ainda por meios não mecanizados como uma simples inspecção visual.

Os sistemas de monitorização dos equipamentos de bombagem “monitorizam e registam as condições de funcionamento do sistema de rega, nomeadamente, o caudal, a pressão e o funcionamento das bombas. Com estas informações pode-se saber se a rega se processou sempre nas condições correctas, sem falhas de energia, quebras de pressão, etc.” (Ribeiro, 2009).

Os equipamentos de monitorização da qualidade da água e salinidade dos solos, tal como o próprio nome indica, registam as mais variadas impurezas que se podem encontrar nas águas e que podem afectar não só a vegetação que está a ser regada, mas também o sistema de rega, e avaliam o nível de acidez ou alcalinidade dos solos (Ribeiro, 2009).

Relativamente à inspecção visual, é importante referir que não se deve esperar até que a paisagem reflecta os problemas do sistema de rega, mas sim procurar resolvê-los antes que se apresentem no espaço verde. No entanto, é importante fazê-la, e quando os problemas surgem na paisagem, esta deve ser estudada atentamente, uma vez que podem fornecer pistas importantes que ajudam a aperfeiçoar o sistema de rega. Os problemas apresentados podem ir desde um pequeno ponto seco, que indica que um dos emissores não está a funcionar correctamente, a uma zona seca ou com excesso de rega, o que aponta para erros na programação da rega de uma das zonas de necessidades hídricas homogéneas, ou ainda a várias zonas ou todo o espaço seco ou com excesso de rega, o que indica que se deve fazer um *check-up* total nas práticas e no sistema de rega (Irrisoft, 2004).

O grau de monitorização a que um espaço verde deve estar sujeito varia de acordo com o período de estabilização da paisagem. Quando a vegetação é inicialmente plantada, e a relva e as sementes são semeadas, as necessidades de água são muito diferentes. A capacidade de reserva do solo é muito pequena porque as raízes ainda não estão estabelecidas e durante este período inicial deve-se controlar as práticas de rega com base em constantes observações no terreno, pois a paisagem está vulnerável, os níveis de água no solo são desconhecidos e as raízes não estão estabilizadas, por esta razão inicialmente as regas são mais frequentes mas com durações mais pequenas. Durante a estabilização deve-se monitorizar o desenvolvimento das raízes e aumentar o limite da rega.

6.2 Avaliação

Quando a monitorização dos sistemas e das práticas de rega regista problemas, estes serão alvo de avaliação. Assim, na quarta etapa dos Planos de Gestão de Rega é feita uma avaliação concreta dos dados provenientes da monitorização. Estes vão ser

analisados, comparados com os que estavam previstos e, posteriormente vão-se procurar respostas para os casos em que se registaram diferenças entre o esperado e o obtido. Por fim, são adoptadas as medidas correctivas, para que na próxima avaliação os mesmos problemas não se verifiquem.

Um espaço verde deve ser alvo de avaliação ao longo de toda a sua vida, portanto, este processo não se trata de um acontecimento único que finaliza o projecto. Cada vez que um ciclo de rega termina, seja ele semanal, mensal, sazonal ou anual, os problemas que se verificaram através da monitorização serão avaliados e, consequentemente vão ser introduzidas correcções e ajustamentos. Vai assim ter lugar um processo contínuo de correcção e melhoramento, de modo a que a rega seja tão perfeita quanto possível.

O nível de detalhe das avaliações vai depender não só do problema verificado, mas também do ciclo de monitorização em que estão inseridas. Nos pequenos ciclos de rega (semanais, quinzenais ou mensais) “os resultados devem ser avaliados para a introdução de correcções e ajustamentos imediatos na programação do sistema de controlo” (Ribeiro, 2009). Normalmente, estes ciclos vão provocar mudanças apenas no programa de controlo, que se vão reflectir nas taxas de aplicação dos sistemas de rega. No final de cada ciclo anual “deverá ser feita uma avaliação mais detalhada de toda a época de rega, analisando resultados e comparando-os com as previsões, sugerindo correcções que deverão ser consideradas no plano de rega do ano seguinte” (Ribeiro, 2009). Ou seja, vão-se caracterizar quantitativa e qualitativamente todas as práticas de gestão de rega e identificar os principais problemas, estimar os valores máximos de eficácia do sistema e, por fim, vão ser definidas estratégias alternativas para optimizar os gastos de água, mão-de-obra, energia e capital (Oliveira, Nunes & Fabião, 2003)

O material que constitui o sistema de rega, tal como já foi referido anteriormente, deve ser alvo constante de avaliações. Para além da fase inicial, em que se confirma se os dispositivos seleccionados são os adequados às situações, estes também devem ser alvo de uma avaliação mais aprofundada, em certos momentos, para determinar a deterioração do material. Na tabela que se segue estão assinalados os tempos de vida médios de alguns dos elementos dos sistemas de rega (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Duração de diferentes elementos de instalações de rega (Fonte: Lion, 1991).

| | |
|---------------------------|--------------|
| Tubagens debaixo de terra | 30 a 40 anos |
| Grupos de electrobombas | 15 a 20 anos |
| Tubagens à superfície | 7 a 10 anos |
| Aspersores | 5 a 7 anos |
| Mangueiras | 3 a 5 anos |

No caso dos sistemas de controlo, a maioria dos problemas que apresentam são resultado de más instalações eléctricas; nestes dispositivos, sejam quais forem os componentes eléctricos utilizados é importante que seja dada atenção à protecção do sinal (Zazueta *et al.*, 1994). A maioria dos problemas que se podem verificar nas válvulas, actualmente, são resultantes de falhas na fase de instalação ou design. Quanto aos problemas nas tubagens, a maioria é resultado de entupimentos, uma vez que se existir um pedaço de areia ou de algas nas passagens, estes bloqueiam-nas impedindo o bom funcionamento das válvulas; perante esta situação é importante renovar os filtros, pois é sinal de que estes não estão a funcionar correctamente. Relativamente à rega por aspersão, algumas das correcções que têm de ser frequentemente feitas nos seus emissores são: a substituição de bicos partidos ou perdidos, a eliminação de obstruções que bloqueiam o jacto de água, e o ajustamento dos bicos para que o jacto de água não esteja direccionado a paredes, estradas ou caminhos. Os gotejadores também têm de ser muitas vezes alvo de correcções, tais como a substituição dos emissores entupidos ou perdidos, e a movimentação dos gotejadores para os ajustar ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, nomeadamente das árvores, tal como é referido na secção 4.1.4 do factor planta.

Deve-se partir do princípio que o sistema de rega automatizado resolve os problemas, é eficiente e aplica água de uma forma uniforme (Oliveira, Nunes & Fabião, 2003). No entanto, o próprio sistema automático tem de ser alvo de ajustes relativamente frequentes pois, apesar do sistema ter sido instalado de acordo com todos os pressupostos pré-determinados, há vários problemas que podem suceder.

6.2.1 Indicadores de Desempenho - A Eficiência de Aplicação e a Uniformidade de Distribuição

A avaliação da qualidade da rega deverá ser feita com base em indicadores de desempenho e entre os indicadores utilizados os mais comuns são a eficiência de aplicação e a uniformidade de distribuição.

O conceito de eficiência foi introduzido por Israelsen, em 1932, e o conceito de uniformidade surgiu dez anos depois, em 1942, por Christiansen. Inicialmente, o conceito de eficiência foi muito atractivo, pois relacionava a quantidade de água consumida com a quantidade de água imobilizada; havia então a ideia de que para melhorar o funcionamento de um sistema de rega bastava melhorar a sua eficiência, isto é, diminuir a quantidade de água perdida. No entanto, estudos mais aprofundados nesta área permitiram constatar que, o que afinal caracterizava um sistema e, por isso, condicionava a sua eficiência de aplicação era fundamentalmente a uniformidade, isto é, a variabilidade do volume de água aplicado sobre a parcela a regar (Oliveira, Nunes & Fabião, 2003).

Assim, nos dias de hoje, para avaliar o desempenho de um sistema de rega são sempre calculadas a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação.

A uniformidade de distribuição, UD (%), genericamente é determinada pelo volume de água recebido pelo solo no quartil mínimo, q_{min} , isto é, os 25% da parcela que receberam menos água e o volume de água aplicado, ou seja:

$$UD = Dur_{qmin}/Dur_{med} \times 100, \quad (6.1)$$

em que: Dur_{qmin} – média do volume de água aplicado sobre 25% da área da parcela que recebeu menos água, expresso em *mm*; Dur_{med} – volume médio de água aplicado em toda a parcela, expresso em *mm*. E a eficiência de aplicação, Ea (%), é definida pela seguinte equação:

$$Ea = Dur/Dtr \times 100, \quad (6.2)$$

Em que: Dur – dotação útil de rega, Dtr – dotação total de rega (Oliveira, Nunes & Fabião, 2003).

É muito importante manter um registo de todos os passos relevantes ao longo destes processos, assim como de todas as observações, estudos, comunicações, e testes, para que qualquer execução deficiente seja mais facilmente identificada da segunda vez que se verifique (Irrisoft, 2004).

7. APLICAÇÃO PRÁTICA – JARDIM DE MORADIA EM CASCAIS

Tendo em vista os pressupostos do trabalho teórico desenvolvido nos capítulos anteriores, o objectivo deste trabalho prático consiste em realizar um projecto de Arquitectura Paisagista com ênfase no Plano de Gestão de Rega, aplicado a um jardim de moradia em Cascais.

7.1 Localização

A zona de intervenção situa-se em Cascais, cidade costeira a ocidente do estuário do Tejo, a cerca de 30km de Lisboa, entre a Serra de Sintra e o Oceano Atlântico. O concelho de Cascais é limitado a norte pelo concelho de Sintra e a sul e a oeste pelo Oceano Atlântico (Figura 7.1).

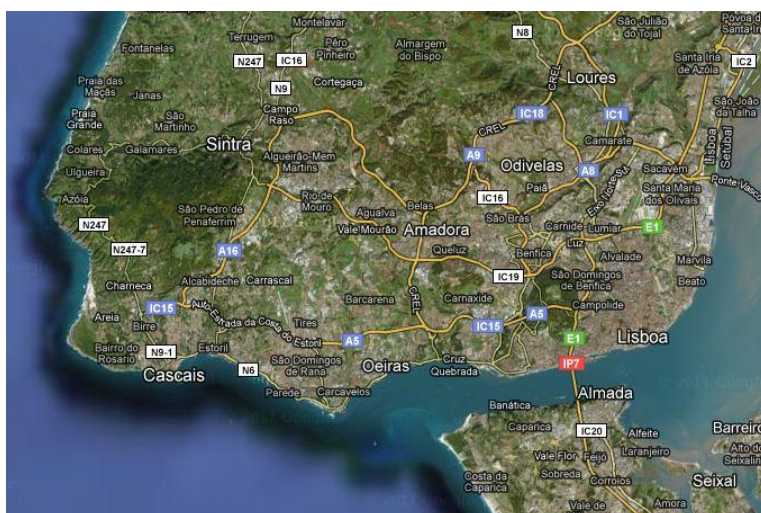


Figura 7.1 Localização do Concelho de Cascais (Fonte: Google Earth).

O lote de terreno onde se encontra a moradia, com a área total de $771.2m^2$, situa-se mais propriamente na zona da Torre, próximo do Bairro do Rosário, na rua do Chapim e entre a Rua do Pinhão e a Rua da Torre (Figura 7.2).



Figura 7.2 Área de intervenção (antes da construção da moradia) (Fonte: Google Earth).

A moradia com garagem que ocupa a zona impermeável de $205.2m^2$ de área foi concluída no Verão de 2011. A zona de intervenção do projecto ocupa a área de $565.9m^2$. (Figura 7.3)



Figura 7.3 Moradia (com garagem) e parte do terreno circundante.

7.2 Descrição do Projecto

As linhas gerais da proposta de intervenção para o jardim assentam na procura de um local aprazível com alguma densidade vegetativa.

Deste modo, para o local projectado criaram-se:

- Uma zona de estar, que pode ser acedida a partir da divisão da sala da moradia, onde se encontra um deck de madeira e vegetação herbácea anual, nomeadamente *Antirrhinum majus*, *Dimocroptera ecklonis* e *Calendula officinalis*.

- Uma pequena sebe arbustiva de *Teucrium fruticans* para separar o jardim da garagem.
 - Alguns sub-arbustos aromáticos próximos do que corresponde à divisão da cozinha da moradia, a saber: *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus officinalis* e *Salvia officinalis*.
 - Um espaço de cerca de 75m² para relvado resistente ao pisoteio com vista à realização de actividades lúdicas. Este relvado é composto por 50% *Lolium perene*, 25% *Poa pratensis* e 25% *Festuca rubra comutata*.
 - Uma zona que atravessa o espaço e apresenta variedade arbustiva, em que se teve sobretudo uma preocupação estética do espaço verde. Esse local inclui, *Coronilla valentina* subsp. *glauca*, *Cotoneaster horizontalis*, *Fuchsia fulgens*, *Myrtus communis* e *Lantana camara*.
 - Um local de relvado, árvores e arbustos na zona mais afastada da residência, para criar um espaço mais resguardado. As árvores e arbustos são: *Prunus cerasifera* var. *pissardii*, *Laurus nobilis*, *Crataegus monogyna* e *Acer palmatum* 'Atropurpureum'. A mistura de relvado é constituída por 70% *Festuca arundinacea*, 20% *Poa pratensis* e 10% *Lolium perene*.
 - Por fim, há novamente um espaço de relvado, desta vez numa zona mais ensombrada e protegida e de mistura igual à referida anteriormente relativa à zona de árvores e arbustos.
- (Ver Plano Geral, de Plantação e de Sementeira em Anexo).

7.3 Planeamento e Implementação do Plano de Gestão de Rega

Com base nos conhecimentos expostos nos capítulos anteriores optou-se por criar um programa de rega a aplicar no programador.

7.3.1 Aspectos Ambientais

Para a determinação das necessidades hídricas do espaço, este foi dividido em diferentes hidrozonas, cada uma com características distintas a nível de vegetação ou de microclima. No entanto, há um aspecto comum a todas elas, o solo. Segundo a Carta de Solo disponibilizada pela Câmara Municipal de Cascais neste espaço encontramos solo areno-franco com a seguinte composição:

75% Areia
10% Limo
15% Argila

Logo, tratam-se de solos com reduzida capacidade de retenção, mas aos quais se podem aplicar grandes taxas de precipitação sem que haja escoamento. Portanto, têm uma boa drenagem e uma grande taxa de infiltração. No entanto, é de registar que esta análise de terras é apenas uma referência geral, uma vez que o terreno deverá sofrer alterações devido ao processo de obra.

Relativamente às condições climáticas, apesar dos diferentes microclimas a que a vegetação do espaço está exposta, todo o material vegetal está sob a influência do clima Mediterrânico Pluvial Oceânico (Soares, 2003), que se caracteriza pelo facto de, a seguir a anos chuvosos se sucederem anos de seca. Uma característica ímpar deste tipo de clima é o facto de existirem longos períodos de seca estival, o que reforça a importância da gestão da rega no local.

Para analisar os restantes factos relativos ao cálculo das necessidades de rega com base nos aspectos ambientais foi criada uma tabela. O mês para os quais os cálculos foram feitos foi o mês de ponta, Agosto (ver em Anexo, Tabela A5).

7.3.2 Sistemas de Rega

Para as hidrozonas 1, 2, e 3 optou-se por um tubo de gotejamento em linha integrado autocompensante de 16mm, apropriado para a rega de vegetação em linha, como se verifica neste local. Deste modo as hidrozonas 1, 2 e 3, por apresentarem necessidades hídricas semelhantes e se adequarem ao mesmo sistema de rega, deram origem a um único sector.

Para a hidrozona 4 seleccionaram-se pulverizadores, o sistema de rega mais adequado para o terreno em questão, pois como já foi referido anteriormente, o solo é areno-franco, logo possui grande capacidade de infiltração; é portanto o sistema ideal, devido à elevada taxa de pluviometria que entrega. Estes pulverizadores serão escamoteáveis devido ao ligeiro declive que se regista nesta zona.

Para a hidrozona 5 optou-se pela utilização de microaspersores, por se tratarem dos dispositivos mais adequados para pequenas áreas de arbustos em solos com grande percentagem de areia.

Para a hidrozona 6 seleccionou-se um sistema de rega por aspersão, por se tratar da zona mais declivosa do terreno, logo as taxas de pluviometria entregues pelos pulverizadores não serão aconselháveis.

Por fim, na hidrozona 7 optou-se pela utilização de pulverizadores pelas mesmas razões já referidas para a hidrozona 4; no entanto, neste caso os pulverizadores são fixos, por se tratar de um local praticamente plano (ver em Anexo, Plano de Rega e Alcance dos Aspersores).

7.3.3 Programação

Por fim, com base nos valores da evapotranspiração da paisagem, ET_L e dos caudais fornecidos pelos catálogos, foi possível fazer uma estimativa da necessidade de rega por dia para cada hidrozona. Criou-se assim um programa de rega que poderá ser fornecido a um programador; por exemplo o programador HP de 6 estações da Rain Bird adequa-se ao espaço (Figura 7.4).

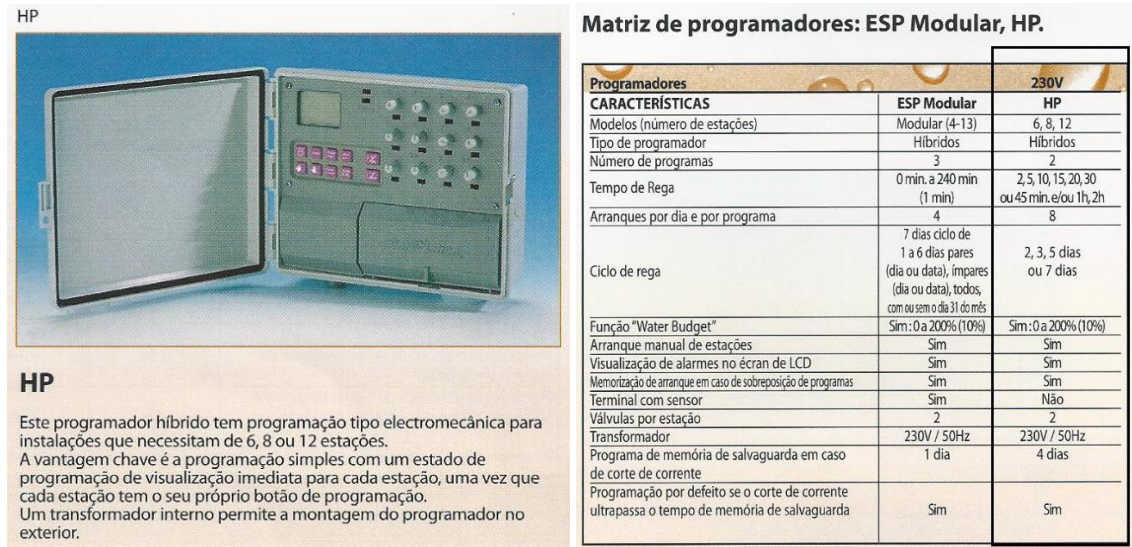


Figura 7.4: Programador HP da Rain Bird (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

Para além do programador também deverá ser instalado um sensor de chuva. (Figura 7.5) Pois, por se tratar de um pequeno jardim de moradia, um simples sensor de chuva é suficiente para que não se registem grandes perdas de água, e os objectivos do espaço verde sejam alcançados.



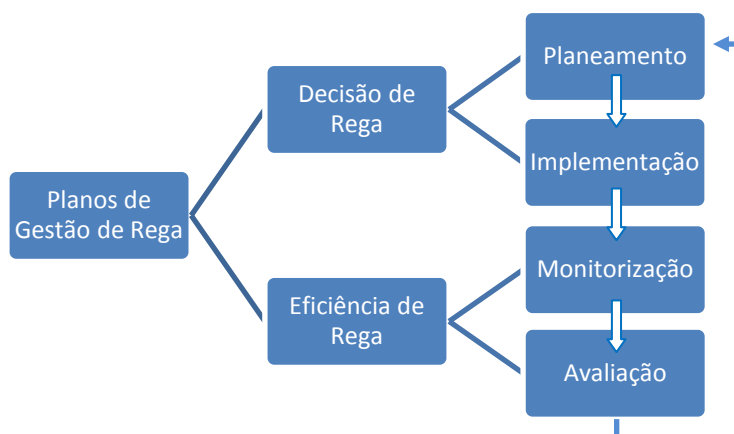
Figura 7.5: Sensor de chuva adequado para pequenos espaços verdes (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

CONCLUSÕES

A importância da rega para a melhoria da vida do Homem foi reconhecida desde cedo, tendo os progressos no campo da engenharia hidráulica sido fundamentais para o desenvolvimento das civilizações. Mais tarde, com a crescente influência da estética na paisagem, a presença da rega intensificou-se, passando a aplicar-se não só para fins agrícolas mas também para a melhoria da qualidade da paisagem. Inicialmente, a presença da rega apenas se verificava nas proximidades dos recursos hídricos mas, com o avanço das suas técnicas, foi possível chegar a novos locais, o que deu origem à existência de espaços verdes onde antes seria impensável. Desenvolveram-se assim projectos que se afastavam cada vez mais da ideia de sustentabilidade, situação que mais tarde, perante o cenário de escassez de água, se veio a mostrar claramente inadequada. Neste contexto justifica-se plenamente a realização de Planos de Gestão de Rega em Projectos de Arquitectura Paisagista.

Os Planos de Gestão de Rega, para além dos seus objectivos ambientais visam também objectivos económicos e de qualidade paisagística e estética que pode estar muito relacionada com o nível de manutenção e tipo de gestão e, consequentemente com a rega. Estes elementos são muito importantes para o sucesso do espaço verde, constituindo ferramentas através das quais o arquitecto paisagista pode defender os seus projectos. É a ciência ao serviço da paisagem.

A gestão da rega deve incidir constantemente sobre duas vertentes, a decisão e a eficiência, para as quais se torna necessária uma abordagem estruturada. Como se viu, o Plano de Gestão de Rega pode considerar-se composto por quatro fases que se repetem sucessivamente, num processo constante de renovação: Planeamento, Implementação, Monitorização e Avaliação. O Planeamento e a Implementação irão incidir sobre a decisão da rega, e a Monitorização e Avaliação sobre a sua eficiência. O esquema seguinte ilustra esta metodologia.



Tendo em conta a análise feita neste trabalho, são de referir as seguintes recomendações relativas à aplicação de Planos de Gestão de Rega em Projectos de Arquitectura Paisagista:

- Para todo e qualquer projecto de espaço verde em que se prevê a utilização de sistemas de rega deve ser criado um Plano de Gestão de Rega, num processo constante de inovação.
- Sempre que o orçamento e a envergadura do projecto o justificarem, a programação e a monitorização das práticas de rega e do funcionamento do sistema deverão ser feitas de modo totalmente automatizado.
- No âmbito da rega de espaços verdes deverá haver uma cooperação entre o arquitecto paisagista e o responsável pela rega, não só na fase inicial do processo de projecto, como na de implementação e mais tarde na de manutenção do espaço, para que o plano elaborado pelo arquitecto paisagista seja correspondido.
- Após a pesquisa efectuada no âmbito deste trabalho, verificou-se que a grande maioria da bibliografia existente sobre a relação entre a densidade de utilização dos espaços verdes e a gestão da rega incide sobre áreas que visam a prática desportiva. Assim, considera-se fundamental que, no futuro, sejam realizados estudos em que esta relação seja aprofundada para outras tipologias de espaços verdes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, C. (2007). *GardenISA – Uma Ferramenta de Apoio à Gestão da Rega de Espaços Verdes*; Lisboa; 49 pp.

ALLEN, R. G. *et al.* (2007). *Water Requirements*. Em: Hoffman G. J. *et al* (ed) Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASABE Monograph, St. Joseph, MI, pp. 208-288.

ALMEIDA, A.B.; SILVA, S. (2009). Acompanhamento Ambiental da Obra. Em: *Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe – Normas para Planeamento, Projecto, Obra e Exploração de Campos de Golfe numa Perspectiva de Sustentabilidade Ambiental*; Agência Portuguesa do Ambiente, 333 pp.

AMWUA (2005). *Landscape Watering by the Numbers – A Guide for the Arizona Desert*. (Disponível em: http://www.amwua.org/landscape_watering_brochure.html. Acedido em: Fevereiro 2011).

ASHOK, P., ASHOK, K. (2010). *Microcontroller Based Drip Irrigation System*, 10 pp.

AVILLEZ, F., SILVA, F.G. (2011). *Custos e Disponibilização a pagar pela água de rega: metodologia de análise*. Em: O Uso da água na Agricultura, INE, Portugal, pp. 85-95.

BEARD, J.B. (2002). *Turf Management for Golf Courses*; John Wiley & Sons, INC. New Jersey, 793 pp.

BRÍZIDA, A.P.O. (2010). *Elaboração de um Protótipo de Caderno de Encargos de Manutenção de Espaços Verdes - Caso – Estudo I: Jardim de Moradia em Almoçagene, Caso – Estudo II: Jardim de Moradia em Gandarinha*, Lisboa, 94 pp.

BROCHARD, D. (1999). *Guia Prático do Relvado*; Mira-Sintra – Mem Martins; Saber Viver, Publicações Europa-América, Lda., 105 pp.

BROWN, C. (2006). *Conserving Water in the Garden*, Kent County Daily Times.

CARLSON, E. (2009). *Landscape Irrigation Controller – Model to Meet EPA Watersense Specifications*; Electronics Equipment Designer; CE Technical. (Apresentação Power Point).

CABRAL, F. C. (1993). *Fundamentos da Arquitectura Paisagista*; Instituto da Conservação da Natureza; Lisboa.

CONAC, F. (2000). *Irrigation et développement agricole. L'exemple des pays méditerranéens et danubiens*, Paris, Ed.Sedes C.D.U reunis.

CÔRTE-REAL, M.M.V. (2007). *O Aproveitamento das Águas da Chuva em Meio Urbano. Tese de Doutoramento de Arquitectura Paisagista*, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.

COSTA, J.B. (2004). *Caracterização e Constituição do Solo*; 7º Edição; Fundação Calouste Gulbenkian.

GLEICK, P.H. (2001). *Making every drop count*. Scientific American, pp. 28-33.

GUSTAFSON, K. (2011) *The Sky is Mine*; The Economist – Intelligent Life. Nº 16. (Entrevista).

IRRISOFT, INC. (2004). *Weather Reach - Landscape Water Management*. (Disponível em: www.weatherreach.com. Acedido em: Junho 2011).

JELLICOE, G., JELLICOE, S. (1995). *The Landscape of Man*. Thames & Hudson Ltd., London. 3ª Edição.

JELLICOE, S., JELLICOE G. (1971). *Water – The Use of Water in Landscape Architecture*, London: Adam & Charles Black, 163 pp.

LANDPHAIR, H. C., KLATT, F. (1988). *Landscape Architecture Construction*; Second Edition.; Department of Landscape Architecture, Texas A&M University; Elsevier; New York, 433 pp.

LION, G.C. (1991). *Riego por Aspersión*; Agroguías Mundi-Prensa, Madrid.

MILLER, E.L. (2006). *Parques: Os génios da civilização*; Câmara Municipal do Porto; Porto, Centro de Congressos do Porto / Alfândega, 223 pp.

OLIVEIRA, I., MAIA, J., SANTOS, M. (2003). *Guia de Rega – Gestão de Rega*; C.O.T.R – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, 49 pp.

OLIVEIRA, I., NUNES, F., FABIÃO, M. (2003). *Guia de Rega – Avaliação de Sistemas de Rega – Considerações Gerais*; Editor e Coordenador Técnico: C.O.T.R – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, 46 pp.

PACHECO, A. (2009). *Rega por aspersão - Racionalização da Água e Energia em Espaços Verdes*; COTR - CEPEX (Apresentação Power Point) (Disponível em: www.cotr.pt/informacao/EV/documentos/CEPEX.pdf. Acedido em: Julho 2011).

PALOMO; P. J. S. (2003). *La planificación verde en las ciudades*; Editorial Gustavo Gili, SA; Barcelona, 326 pp.

PEREIRA, L. S. (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*; Publicações Europa – América, Coleção Euroagro, 299 pp.

PEREIRA, L. S. (2000). Indicadores de desempenho de sistemas de rega. Em: M Barreira and R. Jorge (eds.) *Agricultura, Economia e Sociedade. Ensaio de Homenagem ao Prof. Fernando Estácio*, IFADAP, Lisboa, pp. 371-387.

RAPOSO; J.R. (1996). *A Rega – Dos primitivos regadios às modernas técnicas de rega*; Fundação Calouste Gulbenkian, 485 pp.

RAPOSO, J.R. (1994a). *A Rega Localizada (Gota-a-Gota e Miniaspersão)*; Edições Correio Agrícola; Lisboa, 166 pp.

RAPOSO, J.R. (1994b). *História da Rega em Portugal*; Instituto da Água; Lisboa.

RIBEIRO, D. (2009). *Gestão de Água*. Em: *Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe – Normas para Planeamento, Projecto, Obra e Exploração de Campos de Golfe numa Perspectiva de Sustentabilidade Ambiental*; Agência Portuguesa do Ambiente, 333 pp.

RIBEIRO, T. (1994). *O Jardim Comum Europeu – Novos Desafios Ambientais*; Grupo de Sesimbra; Quetzal Editores/F.L.A.D. Lisboa, 361 pp.

SANDIK, M. (2009). *Landscape Water Use – No longer a secret*, Landscape Architecture Resource (Disponível em: <http://landscapearchitectureresource.com>. Acedido em: Junho 2011).

SANJIAO, M. I. V., *Bloco B: Espaços Verdes e Sustentabilidade*, Instituto Politécnico de Viana do Castelo; Maio 2010 (Apresentação Power Point).

SILVA, A.B, CORREIA, O., PAIS, M.S., SILVA, J.M., TENREIRO, R. (2009). *Condicionamentos Relativos aos Relvados*. Em: *Manual de Boas Práticas Ambientais para Campos de Golfe – Normas para Planeamento, Projecto, Obra e Exploração de Campos de Golfe numa Perspectiva de Sustentabilidade Ambiental*; Agência Portuguesa do Ambiente, 333 pp.

SITTON, D. (2000). *Development of Limited Water Resources: Historical and Technological Aspects*. (Disponível em: <http://www.mfa.gov.il/>. Acedido em: Maio 2011).

SOARES, J.B. (2003). *Estudo de Bacias de Retenção em Zonas Urbanas das Ribeiras da Costa do Estoril*; Lisboa, 98 pp.

SOROCHAN, J., SAMPLES, T. (2008). *Turfgrass maintenance irrigation*; (UT Extension).

TELES, L.S. (1996). *Automatização da Rega Sob Pressão*; Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 64 pp.

ZAZUETA, F. S., SMAJSTRLA, A. G., CLARK, G. A. (1994). *Irrigation System Controllers*. Institute of Food and Agriculture Science, University of Florida.

OUTRAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda 21 Local (Disponível em: <http://www.agenda21local.info/>. Acedido em: Maio 2011).

<http://www.cm-cascais.pt/cascais>. Acedido em: Setembro 2011.

<http://lisboaverde.cm-lisboa.pt>. Acedido em: Agosto 2011.

Catálogos Rain Bird, 2010.

Catálogos Hunter, 2011.

ANEXOS

Tabela A1: Valores de K_v para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

| Vegetação | Valor do K_v |
|--|----------------|
| Árvores | 1,15 |
| Arbustos de clima desértico | 0,7 |
| Restantes espécies de arbustos | 0,8 |
| Herbáceas com cobertura completa do solo | 1,0 |
| Anuais (Flores) | 0,9 |
| Mistura (Árvores – Arbustos – Herbáceas) | 1,20 |
| Relvado de estação fria | 0,9 |
| Relvado de estação quente | 0,9 |

Tabela A2: Valores de K_{MC} para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

| Vegetação | Ambiente de Plantação Hostil | Ambiente de Plantação Normal | Ambiente de Plantação Favorável |
|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Árvores | 1,4 | 1,0 | 0,5 |
| Arbustos | 1,3 | 1,0 | 0,5 |
| Herbáceas com cobertura completa do solo | 1,2 | 1,0 | 0,5 |
| Mistura (Árvores – Arbustos – Herbáceas) | 1,4 | 1,0 | 0,5 |
| Relvados em geral | 1,2 | 1,0 | 0,8 |

Tabela A3: Valores de K_D para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

| Vegetação | Alta Densidade | Densidade Normal | Baixa Densidade |
|--|----------------|------------------|-----------------|
| Árvores | 1,3 | 1,0 | 0,5 |
| Arbustos | 1,1 | 1,0 | 0,5 |
| Herbáceas com cobertura completa do solo | 1,1 | 1,0 | 0,5 |
| Mistura dos 3 anteriores | 1,3 | 1,0 | 0,6 |
| Relvados em geral | 1,0 | 1,0 | 0,6 |

Tabela A4: Valores de K_{SM} para diferentes tipos de vegetação (Fonte: Afonso, 2007. Extraído de: Allen *et al.*, 2007).

| Vegetação | Stress Alto | Stress Médio | Stress Baixo |
|--|-------------|--------------|--------------|
| Árvores | 0,3 | 0,4 | 0,8 |
| Arbustos de clima desértico | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| Restantes espécies de arbustos | 0,3 | 0,5 | 0,8 |
| Herbáceas com cobertura completa do solo | 0,2 | 0,5 | 0,8 |
| Anuais (Flores) | 0,4 | 0,7 | 0,8 |
| Mistura (Árvores – Arbustos – Herbáceas) | 0,3 | 0,4 | 0,8 |
| Relvado de estação fria | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Relvado de estação quente | 0,6 | 0,7 | 0,8 |

Figura A1: Extracto do catálogo de equipamento de rega localizada da Rain Bird (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2010).

SÉRIE RAIN BIRD DRIPLINE

Tubo com gotejamento em linha integrado autocompensante: 16 mm

Desempenho Sem Igual

APLICAÇÕES

O tubo de gotejamento integrado da série Dripline da Rain Bird é ideal para a rega de qualquer tipo de vegetação em linha: arbustos, árvores, sebes ou solos cobertos. As suas excelentes características de compensação de pressão tornam-no muito adequado para a rega de culturas em declive. Incomparável resistência ao entupimento para confiança a longo prazo.

CARACTERÍSTICAS

- Espaços: 33, 40 ou 50 cm
- Espaço de fluxo mais largo: a pressão é compensada pelo prolongamento da zona de turbulência em vez da redução da secção de tubo de passagem do fluxo. O resultado é uma resistência à obstrução inigualável
- Compensação de pressão: assegura um fluxo consistente a partir de cada gotejador em linha através da totalidade do comprimento do tubo de passagem
- Duas camadas: castanha por fora e preta por dentro
 - melhor resistência aos raios UV
 - menos algas que se formam no tubo
 - resistência ao choque
- Forma cilíndrica:
 - o gotejador "liga-se" à circunferência interior do tubo, ficando desta forma mais seguro na sua respectiva posição
 - maior área de superfície para filtração através de 360°
 - instalação mais rápida pois o gotejador é mais fácil de visualizar
- Dupla saída no gotejador: elimina o risco de retrocesso da água e a consequente entrada de detritos no tubo

ESPECIFICAÇÕES

Pressão: 0,8 a 4 bar
Comprimento do rolo: 100 m
Caudal: 2,2 l/h



Filtração recomendada: 125 microns

DIMENSÕES

Diâmetro exterior: 16 mm
Diâmetro interno: 13,7 mm
Espessura da parede: 1,5 mm

MODELOS

DP162233100: 100 m de comprimento, 16 mm de diâmetro exterior, 33 cm de espaçamento entre os gotejadores, 2,2 l/h de débito

DP162240100: 100 m de comprimento, 16 mm de diâmetro exterior, 40 cm de espaçamento entre os gotejadores, 2,2 l/h de débito

DP162250100: 100 m de comprimento, 16 mm de diâmetro exterior, 50 cm de espaçamento entre os gotejadores, 2,2 l/h de débito





Esquema de um gotejador em linha Rain Bird

PRESTAÇÕES

Comprimento máximo das linhas

| Pressão de entrada da água (bar) | Declive (%) | Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 33 cm | Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 40 cm | Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 50 cm |
|----------------------------------|-------------|---|---|---|
| 1,5 | -3 | 91 | 108 | 132 |
| | -2 | 89 | 105 | 128 |
| | -1 | 86 | 101 | 123 |
| | 0 | 83 | 97 | 116 |
| | 1 | 79 | 92 | 110 |
| 2,0 | 2 | 76 | 88 | 103 |
| | 3 | 73 | 83 | 97 |
| | -3 | 107 | 127 | 154 |
| | -2 | 105 | 124 | 150 |
| | -1 | 102 | 121 | 146 |
| 2,5 | 0 | 100 | 117 | 140 |
| | 1 | 97 | 113 | 135 |
| | 2 | 94 | 109 | 129 |
| | 3 | 91 | 105 | 123 |
| | -3 | 119 | 141 | 171 |
| 3,0 | -2 | 117 | 138 | 167 |
| | -1 | 115 | 135 | 163 |
| | 0 | 112 | 132 | 158 |
| | 1 | 110 | 128 | 153 |
| | 2 | 107 | 125 | 148 |
| 3,5 | 3 | 105 | 121 | 143 |
| | -3 | 129 | 153 | 185 |
| | -2 | 127 | 150 | 182 |
| | -1 | 125 | 147 | 178 |
| | 0 | 123 | 144 | 173 |
| 4,0 | 1 | 120 | 141 | 168 |
| | 2 | 118 | 138 | 164 |
| | 3 | 116 | 134 | 159 |
| | -3 | 138 | 163 | 198 |
| | -2 | 136 | 160 | 194 |
| 4,0 | -1 | 134 | 158 | 190 |
| | 0 | 132 | 154 | 186 |
| | 1 | 129 | 152 | 181 |
| | 2 | 127 | 148 | 177 |
| | 3 | 125 | 146 | 173 |
| 4,0 | -3 | 145 | 172 | 208 |
| | -2 | 144 | 170 | 205 |
| | -1 | 142 | 167 | 201 |
| | 0 | 140 | 164 | 197 |
| | 1 | 137 | 161 | 193 |
| 4,0 | 2 | 135 | 158 | 189 |
| | 3 | 133 | 155 | 185 |

NOTA: O quadro anterior indica o comprimento máximo admissível das linhas num sistema com Dripline para obter uma pressão mínima de 0,8bar no final da linha.

1. Seleccione a pressão de entrada

2. Seleccione o declive (0=superfície plana, -1=declive decrescente de 1%, etc)

3. Consulte o comprimento máximo na coluna de espaçamento entre gotejadores.

Figura A2: Extracto do catálogo da Hunter. Microaspersores (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).

PLD
MICRO
KITS GOTA A GOTA
RZWS

MICROASPERSÃO

APLICAÇÃO
Residencial/Comercial

UTILIZAÇÕES
Rega precisa da área

A MICROASPERSÃO REGA COM UMA PRECISÃO INCRÍVEL.

SOLO-DRIP


- Oito jactos de água para uma rega precisa
- Controlo fácil da tampa para ajuste do caudal e do raio
- Especificações de funcionamento: 1 a 2,5 bar (100 a 250 kPa)
- Dimensões:
A: SD-T – 2,41 cm A x 1,98 cm L x 1,60 cm P
B: SD-B – 2,41 cm A x 1,98 cm L x 1,60 cm P
C: SD-B-STK – 15,2 cm A x 4,32 cm L x 1,60 cm P

HALO-SPRAY


- Chapéu de água de grande diâmetro
- Ajuste o raio conforme necessário
- Combine vários para uma cobertura de água
- Especificações de funcionamento: 1 a 2,5 bar (100 a 250 kPa)
- Dimensões:
A: HS-T – 2,41 cm A x 1,98 cm L x 1,60 cm P
B: HS-B – 2,41 cm A x 1,98 cm L x 1,60 cm P
C: HS-B-STK – 15,2 cm A x 4,32 cm L x 1,60 cm P

TRIO-SPRAY


- Configurações de círculo total, círculo parcial e 90°
- Funciona como aspersores grandes num nível pequeno
- Botão de controlo para ajuste específico
- Especificações de funcionamento: 0,7 a 2,5 bar; 70 a 250 kPa
- Dimensões:
A: TS-F – 3,81 cm A x 2,29 cm L x 1,52 cm P
B: TS-H – 3,81 cm A x 2,29 cm L x 1,52 cm P
C: TS-Q – 3,81 cm A x 2,29 cm L x 1,52 cm P



Solo-Drip



Halo-Spray



Trio-Spray

Dados do rendimento do Solo-Drip – sistema métrico

| | Pressão (bar) | Caudal (l/h) | Diâmetro do Alcance (m) |
|---|---------------|--------------|-------------------------|
| Ajustável ao máximo (cerca de 20 cliques) | 1 | 0-40 | 0-0,5 |
| | 2 | 0-50 | 0-0,6 |

Dados do rendimento do Halo-Spray – sistema métrico

| | Pressão (bar) | Caudal (l/h) | Diâmetro do Alcance (m) |
|---|---------------|--------------|-------------------------|
| Ajustável ao máximo (cerca de 14 cliques) | 1 | 0-52 | 0-1,7 |
| | 2 | 0-65 | 0-2,8 |

Dados do rendimento do Trio-Spray – sistema métrico

| | Pressão (bar) | Caudal (l/h) | PADRÃO DO ASPERSOR | | |
|---|---------------|--------------|-------------------------|---------------------|-------|
| | | | Diâmetro do Alcance (m) | Raio do Alcance (m) | |
| | | | Orifício de 360° x 18° | 180° | 90° |
| Ajustável ao máximo (cerca de 14 cliques) | 0,5 | 0-54 | 0-3,0 | 0-2,0 | 0-1,5 |
| | 1 | 0-77 | 0-3,8 | 0-2,5 | 0-2,1 |
| | 1,5 | 0-94 | 0-4,4 | 0-2,9 | 0-2,6 |
| | 2 | 0-105 | 0-7,0 | 0-3,2 | 0-3,0 |
| | 2,5 | 0-119 | 0-7,5 | 0-3,5 | 0-3,3 |

QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES

| MODELOS | OPÇÕES |
|-----------------|---|
| SD = Solo-Drip | T = Roscas 10-32, 360° B = Barbela, 360° B-STK = Barbela com estaca, 360° |
| HS = Halo-Spray | T = Roscas 10-32, 360° B = Barbela, 360° B-STK = Barbela com estaca, 360° |
| TS = Trio-Spray | T-F = Roscas 10-32, 360° T-H = Roscas 10-32, 180° T-Q = Roscas 10-32, 90° |

| EXEMPLOS | |
|-----------------|-----------------------------------|
| SD - T | Solo-Drip com roscas 10-32, 360° |
| HS - B | Halo-Spray com estaca, 360° |
| TS - T-F | Trio-Spray com roscas 10-32, 360° |

101
Hunter®

hunterindustries.com/MICRO

Figura A3: Extracto do catálogo da Hunter. Pulverizadores (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

I-Spray

Todas as características do Pulverizador Pro-Spray® mais a vantagem de incluir um regulador de pressão incorporado no piston



Agora existe um pulverizador Hunter que maximiza a economia no consumo de água além de constituir um produto resistente e de elevada durabilidade. O novo pulverizador Institucional Hunter combina uma robustez excepcional com uma grande variedade de inovações... justamente para satisfazer as necessidades das instalações em locais muito frequentados. Estas inovações são: um tampão com um novo sistema de retenção que evita a entrada de detritos, um multi-funcional vedante de limpeza activado pela pressão da água, um verdadeiro regulador de pressão que reduz o desperdício de água e actua como regulador de caudal quando se retira o bico, uma válvula anti-dreno que evita potenciais problemas de drenagem superficial e uma mola de retenção (a mais potente da sua classe). Parece-lhe demasiado para um só pulverizador? Então junte-lhe outra vantagem: 5 anos de garantia. Estamos assim na presença do pulverizador Institucional Hunter que proporciona soluções inovadoras para o mundo dos espaços verdes.

CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS

| | |
|---|--|
|  | Regulador de pressão interno |
| | Máxima eficiência do bico independentemente da pressão à entrada |
| | Construção robusta do corpo |
| | Desenho estriado que suporta as condições mais severas |
| | Vedante de limpeza activado pela pressão da água, hermético e multi-funcional |
| | Fácil de limpar, tratado com inibidores de raios UV para assegurar uma maior vida útil |
| | Compatibilidade com todos os bicos de rosca fêmea |
| | Aceita bicos ajustáveis, fixos e de desenho especial de toda a ampla gama Hunter e das principais marcas existentes no mercado |
|  | Em opção válvula anti-dreno instalada de fábrica, para desníveis até 3 metros |
| | Elimina problemas de alagamento e de erosão |
| | Êmbolo emergente com engrenagens para um fácil ajuste do arco |
| | Pode efectuar ajustes ao mesmo tempo que o pulverizador está a funcionar |
| | Mola robusta e resistente |
| | Para retracções eficazes sob quaisquer condições de funcionamento |
| | Desenho inovador do bico tampão de limpeza |
| | Permite controlar a direcção do fluxo de limpeza |
|  | Entrada lateral de 1/2" nos modelos de 15 cm e 30 cm |
| | A instalação fácil e adequada, para pulverizadores de grandes dimensões |

MODELOS

INST-00 - Fixo
INST-04 - Escamoteável 10 cm
INST-06 - Escamoteável 15 cm
INST-12 - Escamoteável 30 cm

DIMENSÕES

- Altura total:
INST-04 - 15,5 cm
INST-06 - 22,5 cm
INST-12 - 41 cm
- Entrada rosca fêmea de 1/2"
- Diâmetro exposto: 5,7 cm

ESPECIFICAÇÕES

- Pressão: 1,0 a 4,8 bar;
103 a 482 kPa
- Raio: 0,6 a 5,8 m
- Taxa de precipitação:
aprox. 38 mm/h

OPÇÕES

- Válvula anti-dreno para evitar a drenagem até desníveis de 3,0 m
- Identificador de águas residuais

Figura A4: Extracto do catálogo da Hunter. Pulverizadores (continuação) (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

Bicos Ajustáveis



| Dados da performance dos bicos ajustáveis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--------------------------------------|------------|-------------|---|--------------------------------------|------------|-------------|--|--------------------------------------|------------|-------------|--|--------------------------------------|------------|-------------|---|--------------------------------------|------------|-------------|----|
| Sector | Pressão Bar MPa | Rais: 2,1 m Arco Ajustável de 25° a 360° Ángulo: 0° Cor: Castanho | | | | Rais: 3,0 m Arco Ajustável de 25° a 360° Ángulo: 15° Cor: Vermelho | | | | Rais: 3,7 m Arco Ajustável de 25° a 360° Ángulo: 28° Cor: Verde | | | | Rais: 4,6 m Arco Ajustável de 25° a 360° Ángulo: 28° Cor: Preto | | | | Rais: 5,2 m Arco Ajustável de 25° a 360° Ángulo: 28° Cor: Cinzento | | | | |
| | | Rais | Caudal m ³ /h L/min | Pres. mn/h | Pres. máx/h | Rais | Caudal m ³ /h L/min | Pres. mn/h | Pres. máx/h | Rais | Caudal m ³ /h L/min | Pres. mn/h | Pres. máx/h | Rais | Caudal m ³ /h L/min | Pres. mn/h | Pres. máx/h | Rais | Caudal m ³ /h L/min | Pres. mn/h | Pres. máx/h | |
| 45° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.04 | 0.6 | 92 | 107 | 2.7 | 0.04 | 0.6 | 41 | 47 | 3.4 | 0.06 | 1.0 | 44 | 50 | 4.3 | 0.09 | 1.5 | 39 | 45 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.04 | 0.7 | 76 | 88 | 3.0 | 0.04 | 0.7 | 37 | 43 | 3.7 | 0.06 | 1.1 | 38 | 44 | 4.6 | 0.10 | 1.7 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.06 | 0.9 | 96 | 111 | 3.0 | 0.06 | 0.9 | 47 | 54 | 3.7 | 0.08 | 1.4 | 49 | 56 | 4.6 | 0.11 | 1.8 | 40 | 46 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.06 | 1.0 | 79 | 92 | 3.4 | 0.06 | 1.0 | 42 | 49 | 4.0 | 0.09 | 1.4 | 44 | 51 | 4.9 | 0.12 | 2.0 | 40 | 46 |
| 90° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.06 | 1.3 | 92 | 107 | 2.7 | 0.08 | 1.3 | 41 | 47 | 3.4 | 0.12 | 2.0 | 43 | 49 | 4.3 | 0.18 | 2.9 | 38 | 44 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.08 | 1.5 | 76 | 88 | 3.0 | 0.09 | 1.5 | 38 | 44 | 3.7 | 0.13 | 2.1 | 38 | 44 | 4.6 | 0.20 | 3.3 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.11 | 1.9 | 96 | 113 | 3.0 | 0.11 | 1.9 | 48 | 55 | 3.7 | 0.16 | 2.7 | 48 | 56 | 4.6 | 0.21 | 3.5 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.12 | 1.9 | 79 | 90 | 3.4 | 0.12 | 1.9 | 41 | 48 | 4.0 | 0.17 | 2.9 | 44 | 51 | 4.9 | 0.24 | 3.9 | 39 | 45 |
| 120° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.10 | 1.7 | 92 | 106 | 2.7 | 0.10 | 1.7 | 41 | 47 | 3.4 | 0.16 | 2.7 | 43 | 50 | 4.3 | 0.23 | 3.9 | 38 | 45 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.12 | 2.0 | 76 | 90 | 3.0 | 0.12 | 2.0 | 39 | 44 | 3.7 | 0.17 | 2.8 | 38 | 44 | 4.6 | 0.27 | 4.4 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.15 | 2.5 | 97 | 112 | 3.0 | 0.15 | 2.5 | 43 | 55 | 3.7 | 0.22 | 3.6 | 48 | 56 | 4.6 | 0.28 | 4.7 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.15 | 2.6 | 79 | 90 | 3.4 | 0.15 | 2.6 | 41 | 48 | 4.0 | 0.23 | 3.8 | 44 | 51 | 4.9 | 0.31 | 5.2 | 39 | 45 |
| 180° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.16 | 2.6 | 92 | 107 | 2.7 | 0.22 | 3.7 | 49 | 57 | 3.4 | 0.25 | 4.2 | 42 | 48 | 4.3 | 0.34 | 5.7 | 38 | 44 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.18 | 3.0 | 76 | 90 | 3.0 | 0.18 | 3.0 | 38 | 44 | 3.7 | 0.26 | 4.3 | 38 | 44 | 4.6 | 0.40 | 6.6 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.22 | 3.7 | 97 | 112 | 3.0 | 0.22 | 3.7 | 47 | 55 | 3.7 | 0.33 | 5.4 | 48 | 56 | 4.6 | 0.42 | 7.0 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.23 | 3.9 | 79 | 90 | 3.4 | 0.23 | 3.9 | 41 | 48 | 4.0 | 0.35 | 5.8 | 44 | 51 | 4.9 | 0.47 | 7.8 | 39 | 45 |
| 240° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.21 | 3.4 | 93 | 107 | 2.7 | 0.21 | 3.4 | 41 | 48 | 3.4 | 0.32 | 5.4 | 43 | 50 | 4.3 | 0.47 | 7.8 | 39 | 45 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.23 | 3.9 | 76 | 90 | 3.0 | 0.23 | 3.9 | 38 | 44 | 3.7 | 0.34 | 5.7 | 38 | 44 | 4.6 | 0.53 | 8.8 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.29 | 4.9 | 97 | 112 | 3.0 | 0.29 | 4.9 | 43 | 55 | 3.7 | 0.43 | 7.2 | 48 | 56 | 4.6 | 0.56 | 9.3 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.31 | 5.1 | 79 | 90 | 3.4 | 0.31 | 5.1 | 41 | 48 | 4.0 | 0.46 | 7.7 | 44 | 51 | 4.9 | 0.63 | 10.4 | 39 | 45 |
| 270° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.23 | 3.8 | 92 | 107 | 2.7 | 0.23 | 3.8 | 41 | 47 | 3.4 | 0.36 | 6.1 | 43 | 50 | 4.3 | 0.53 | 8.8 | 38 | 44 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.26 | 4.4 | 76 | 90 | 3.0 | 0.26 | 4.4 | 38 | 44 | 3.7 | 0.38 | 6.4 | 38 | 44 | 4.6 | 0.60 | 9.9 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.33 | 5.6 | 97 | 112 | 3.0 | 0.33 | 5.6 | 48 | 55 | 3.7 | 0.49 | 8.1 | 48 | 56 | 4.6 | 0.63 | 10.5 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.35 | 5.8 | 79 | 90 | 3.4 | 0.35 | 5.8 | 41 | 48 | 4.0 | 0.52 | 8.6 | 44 | 51 | 4.9 | 0.71 | 11.7 | 39 | 45 |
| 360° | 1.4 | 137 | 1.8 | 0.31 | 5.1 | 92 | 107 | 2.7 | 0.31 | 5.1 | 41 | 47 | 3.4 | 0.48 | 8.1 | 43 | 50 | 4.3 | 0.70 | 11.7 | 38 | 44 |
| | 1.7 | 172 | 2.1 | 0.35 | 5.9 | 76 | 90 | 3.0 | 0.35 | 5.9 | 38 | 44 | 3.7 | 0.51 | 8.5 | 37 | 43 | 4.6 | 0.80 | 13.2 | 38 | 44 |
| | 2.1 | 206 | 2.1 | 0.44 | 7.4 | 97 | 112 | 3.0 | 0.44 | 7.4 | 43 | 55 | 3.7 | 0.65 | 10.8 | 48 | 56 | 4.6 | 0.84 | 14.0 | 40 | 47 |
| | 2.4 | 241 | 2.4 | 0.46 | 7.7 | 79 | 90 | 3.4 | 0.46 | 7.7 | 41 | 48 | 4.0 | 0.69 | 11.5 | 44 | 51 | 4.9 | 0.94 | 15.8 | 39 | 45 |
| | 2.8 | 275 | 2.7 | 0.66 | 11.1 | 88 | 102 | 3.7 | 0.88 | 11.1 | 50 | 57 | 4.3 | 0.78 | 12.7 | 42 | 48 | 5.2 | 1.03 | 17.2 | 38 | 44 |

Nota: O regulador de pressão, instalado de fábrica, do pulverizador tradicional limita a pressão de saída a valores máximos da ordem dos 2.1 bar (209 kPa).



UMA REGA ADAPTADA

Instale os novos bicos ajustáveis Hunter e não se preocupe mais com a quantidade de água distribuída por cada pulverizador, dado que, estes bicos têm um caudal proporcional à superfície a regar independentemente do arco de rega e do alcance

GUIA DE ESPECIFICAÇÕES

EXEMPLO: **15-A**

| MODELOS | SECTOR |
|------------|---------------|
| 2 = 0,6 m | A = Ajustável |
| 4 = 1,2 m | 2 = 90° Fixo |
| 6 = 1,8 m | 4 = 180° Fixo |
| 7 = 2,1 m | 8 = 360° Fixo |
| 10 = 3,0 m | |
| 12 = 3,7 m | |
| 15 = 4,6 m | |
| 17 = 5,2 m | |

Figura A5: Extracto do catálogo da Hunter. Aspersores (Fonte: Catálogo Hunter 2011).

PGJ

O aspersor indicado para áreas de média dimensão



Um jogo de bocas de pulverização fáceis de instalar e de mudar... tal como o PGP®. Fácil regulação no topo do aspersor... tal como o PGP. A segurança e durabilidade de uma tampa de borracha... tal como o PGP. O PGJ é uma parte destacável do conjunto completo, em essência um PGP "junior". A Hunter reduziu o aspersor mais vendido do mundo exclusivamente para ser utilizado em aplicações que habitualmente requerem um aspersor não rotativo mas, onde agora, é possível ter todas as vantagens de um aspersor rotativo. O PGJ é capaz de trabalhar conjuntamente com aspersores rotativos maiores para combinar áreas grandes e pequenas numa única zona, proporcionando as vantagens e a eficiência que não têm os aspersores não rotativos. Com o PGJ, menos bocas de rega proporcionam um trabalho mais eficaz a um preço mais reduzido.

CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS



- Parafuso de ajuste do alcance**
Permite uma rega precisa sem ultrapassar os limites desejados, assegura a retenção do bico
- Tampa protectora em borracha**
Mais segura, evita a infiltração de areias
- Raio ajustável de 40° a 360°**
Fácil ajuste na parte superior com o aspersor parado ou em funcionamento
- Engrenagens lubrificadas com água**
Eficácia comprovada ano após ano
- Estator variável**
Mantém a velocidade de rotação constante independentemente do tamanho do bico e da pressão de funcionamento
- Filtro de grande superfície**
Impede a obstrução dos bicos
- Válvula anti - dreno instalada de fábrica (opção)**
Evita a formação de zonas de alagamento Importante em zonas declivosas

MODELOS

PGJ-00 - Fixo
PGJ-04 - Escamoteável (10 cm)
PGJ-06 - Escamoteável (15 cm)
PGJ-12 - Escamoteável (30 cm)

DIMENSÕES

- Altura total:
PGJ-00 - 18 cm
PGJ-04 - 18 cm
PGJ-06 - 23 cm
PGJ-12 - 41 cm
- Entrada rosca fêmea de 1/2"
- Diâmetro exposto: 3 cm

ESPECIFICAÇÕES

- Caudal:
0,15 a 1,2 m³/h;
2,4 a 20,1 l/min
- Raio: 4,6 a 11,3 m
- Pressão: (pressão recomendada)
2,1 a 3,4 bar;
206 a 344 kPa
- Taxa de Precipitação: (aprox.)
16 mm/h a 2,8 bar (275 kPa), para espaçamentos de 4,6 a 11,3 m
- Ângulo de saída: (aprox.) 14°

OPÇÕES

- Válvula anti-dreno (só para modelos escamoteáveis) para desníveis até 2,1 m
- Identificador de águas residuais

Figura A6: Extracto do catálogo da Hunter. Aspersores (continuação) (Fonte: Catálogo Hunter, 2011).



PULVERIZADORES? OU ASPERSORES QUE POUPAM TEMPO E DINHEIRO?

Se o seu terreno apresenta zonas de tamanho médio com formas compridas e estreitas, a escolha óbvia seria a instalação de pulverizadores. No entanto, a escolha inteligente seria um aspersor especialmente concebido para este tipo de terreno. Com o novo aspersor PGJ temos a possibilidade de executar com apenas duas linhas de aspersores o mesmo trabalho desenvolvido por três linhas de pulverizadores. Dado que os aspersores PGJ podem funcionar conjuntamente com aspersores de maior alcance necessitaremos de menos válvulas e menos estações de controlo, ou seja, pouparemos dinheiro na abertura de valas, tubagem e mão de obra. Tudo se resume a menos tempo e menores custos de instalação (bem como a menores gastos em água).



| PGJ - Dados da performance dos bicos | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-----|------------|----------------|-------|--------------|----|
| Bico | Pressão Bar | kPa | Razo in | Caudal m³/h | Unid. | Pico mm/h | ▲ |
| .75 | 2.1 | 206 | 4.6 | 0.15 | 2.4 | 14 | 16 |
| | 2.8 | 275 | 4.9 | 0.17 | 2.8 | 14 | 17 |
| | 3.4 | 344 | 5.2 | 0.19 | 3.2 | 14 | 17 |
| 1.0 | 2.1 | 206 | 5.5 | 0.19 | 3.2 | 13 | 15 |
| | 2.8 | 275 | 5.8 | 0.23 | 3.8 | 14 | 16 |
| | 3.4 | 344 | 5.8 | 0.25 | 4.2 | 15 | 17 |
| 1.5 | 2.1 | 206 | 6.4 | 0.30 | 4.9 | 14 | 17 |
| | 2.8 | 275 | 6.7 | 0.34 | 5.7 | 15 | 18 |
| | 3.4 | 344 | 6.7 | 0.39 | 6.4 | 17 | 20 |
| 2.0 | 2.1 | 206 | 7.3 | 0.39 | 6.4 | 14 | 17 |
| | 2.8 | 275 | 7.6 | 0.45 | 7.6 | 16 | 18 |
| | 3.4 | 344 | 7.6 | 0.52 | 8.7 | 18 | 21 |
| 2.5 | 2.1 | 206 | 8.2 | 0.50 | 8.3 | 15 | 17 |
| | 2.8 | 275 | 8.5 | 0.57 | 9.5 | 16 | 18 |
| | 3.4 | 344 | 8.5 | 0.64 | 10.6 | 18 | 20 |
| 3.0 | 2.1 | 206 | 9.1 | 0.57 | 9.5 | 14 | 16 |
| | 2.8 | 275 | 9.4 | 0.68 | 11.4 | 15 | 18 |
| | 3.4 | 344 | 9.4 | 0.77 | 12.9 | 17 | 20 |
| 4.0 | 2.1 | 206 | 10.1 | 0.84 | 14.0 | 17 | 19 |
| | 2.8 | 275 | 10.4 | 0.91 | 15.1 | 17 | 20 |
| | 3.4 | 344 | 10.4 | 0.98 | 16.3 | 18 | 21 |
| 5.0 | 2.1 | 206 | 11.0 | 1.07 | 17.8 | 18 | 21 |
| | 2.8 | 275 | 11.3 | 1.14 | 18.9 | 18 | 21 |
| | 3.4 | 344 | 11.3 | 1.20 | 20.1 | 19 | 22 |

Nota: Valores de precipitação calculados para aspersores a trabalhar com um ângulo de 180 graus. Para um aspersor a trabalhar com um ângulo de 360 graus, divida o valor por 2.



A alternativa "reduzida" aos aspersores rotativos e não rotativos concebida para áreas de média dimensão em zonas residenciais e comerciais.

| GUIA DE ESPECIFICAÇÕES | | |
|-----------------------------|--------------------------|--|
| EXEMPLO PGJ - 06 - V | | |
| MODELO | ALTURA DE ELEVÇÃO | OPÇÕES |
| PGJ | 06 = Fixo | R = Identificador de águas residuais |
| | 04 = Escamoteável 10 cm | V = Válvula anti-drenagem montada de fábrica (só para escamoteáveis) |
| | 06 = Escamoteável 15 cm | |
| | 12 = Escamoteável 30 cm | |



Uma cobertura de borracha muito resistente mantém o mecanismo de afinação livre de impurezas.



Bicos de fácil identificação aliada a grande rapidez de instalação e manutenção.

Tabela A5: Descrição das Hidrozonas (para o mês de Agosto).

| | HIDROZONAS | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|------------------------------------|----------------|
| DESCRIÇÃO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Área (m ²) | 8.143 | 16.510 | 17.482 | 74.412 | 110.311 | 84.930 | 44.337 |
| Vegetação | Sebe arbustiva | Herbáceas anuais | Sub-arbustos | Relvado | Arbustos | Árvores e Arbustos de grande porte | Relvado |
| Declive (%) | 0-2 | 0-2 | 0-2 | 4-6 | 4-6 | 8-12 | 0-2 |
| Exposição solar | Sol | Sol | Sol | Sol | Sol | Meia-sombra | Sombra |
| Coefficiente de Paisagem – K _L ¹ | 0.88 | 0.99 | 0.88 | 1.05 | 0.88 | 0.575 | 0.45 |
| Evapotranspiração da Paisagem – ET _L (mm/d) | 5.28 | 5.94 | 5.28 | 7.35 | 6.16 | 5.175 | 3.15 |
| Profundidade das raízes (cm) | 60 | 30 | 60 | 20 | 60 | 90 | 20 |
| Sistema de Rega | Gotejamento em linha | Gotejamento em linha | Gotejamento em linha | Pulverizadores | Microaspersores | Aspersores | Pulverizadores |
| Taxa de Aplicação (mm/h) | | | | 36.55 | 12.33 | 27.66 | 38.57 |
| Débito (l/h) | 2.2 | 2.2 | 2.2 | | | | |
| Duração da Rega (min/dia) | 26 (aproximadamente) | 20 (aproximadamente) | 26 (aproximadamente) | 18 | 30 | 12 | 5 |
| Frequência | Diária | Diária | Diária | Diária | Diária | Diária | Diária |

| | Sector 1 (H1+H2+H3) | Sector 2 (H4) | Sector 3 (H5) | Sector 4 (H6) | Sector 5 (H7) | TOTAL |
|----------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| Caudal (m ³ /h) | 0.496 | 2.72 | 1.63 | 2.345 | 1.71 | 8.901 |

1 – Com base nos valores das tabelas A1, A2, A3 e A4

PEÇAS DESENHADAS



LEGENDA:

- Limite
- Árvores
- Arbustos
- Sebe Arbustiva
- Sub-arbustos
- Herbáceas
- Relvado
- "Mulch"
- Caminho de placas rectangulares de cimento com espaçamento de 5 cm
- Deck de Madeira
- Caminho de lajetas de betão

Área Total = 771.2 m2
Área de Intervenção = 565.9 m2
Área (Moradia c/ Garagem) = 205.2m2

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

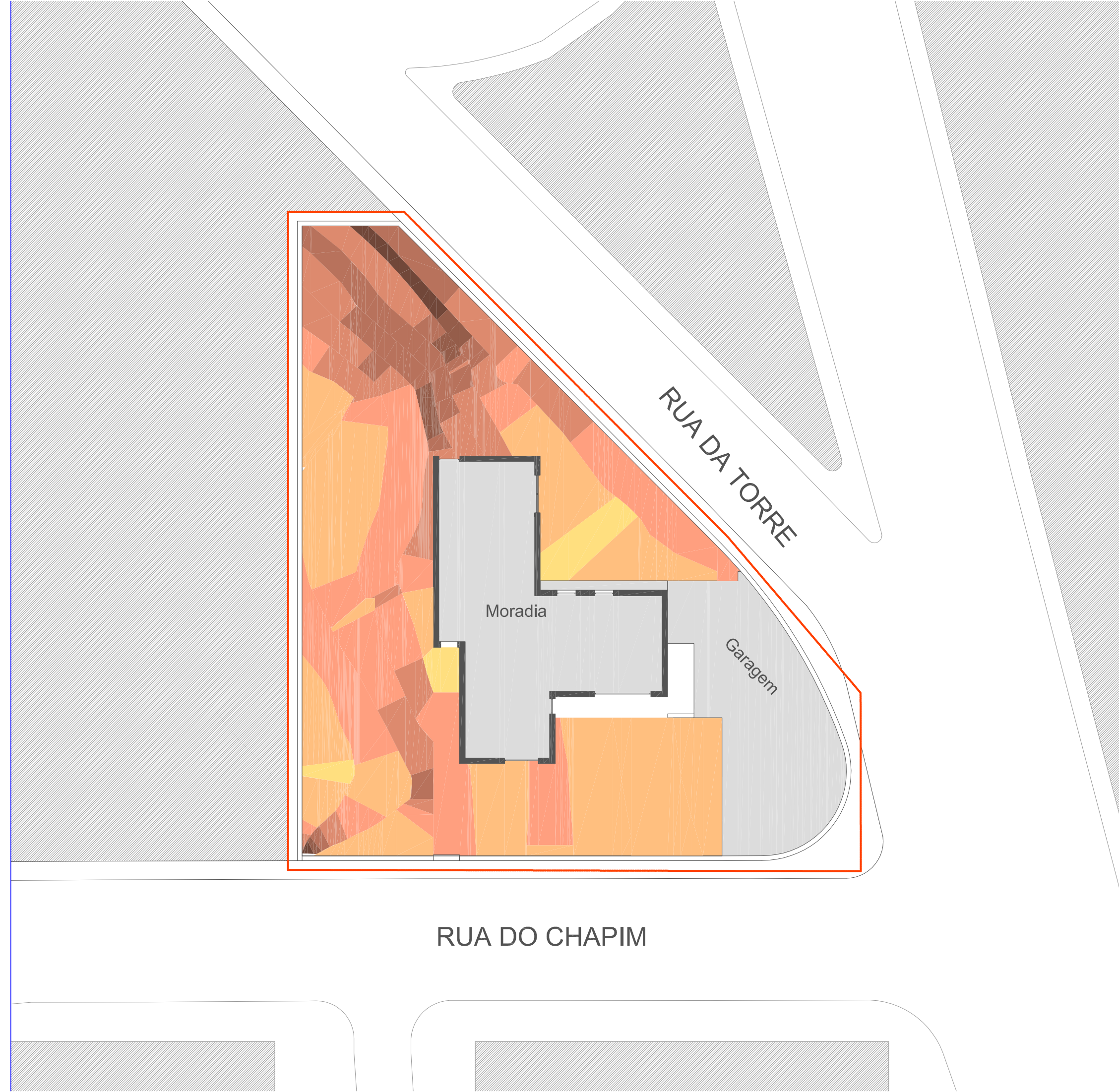
Designação da Peça: Plano Geral

Desenho nº: 01

Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

- Limite
- Declives
- 0-2%
 - 2-4%
 - 4-6%
 - 6-8%
 - 8-10%
 - 10-12%
 - >12%

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Carta de Declives

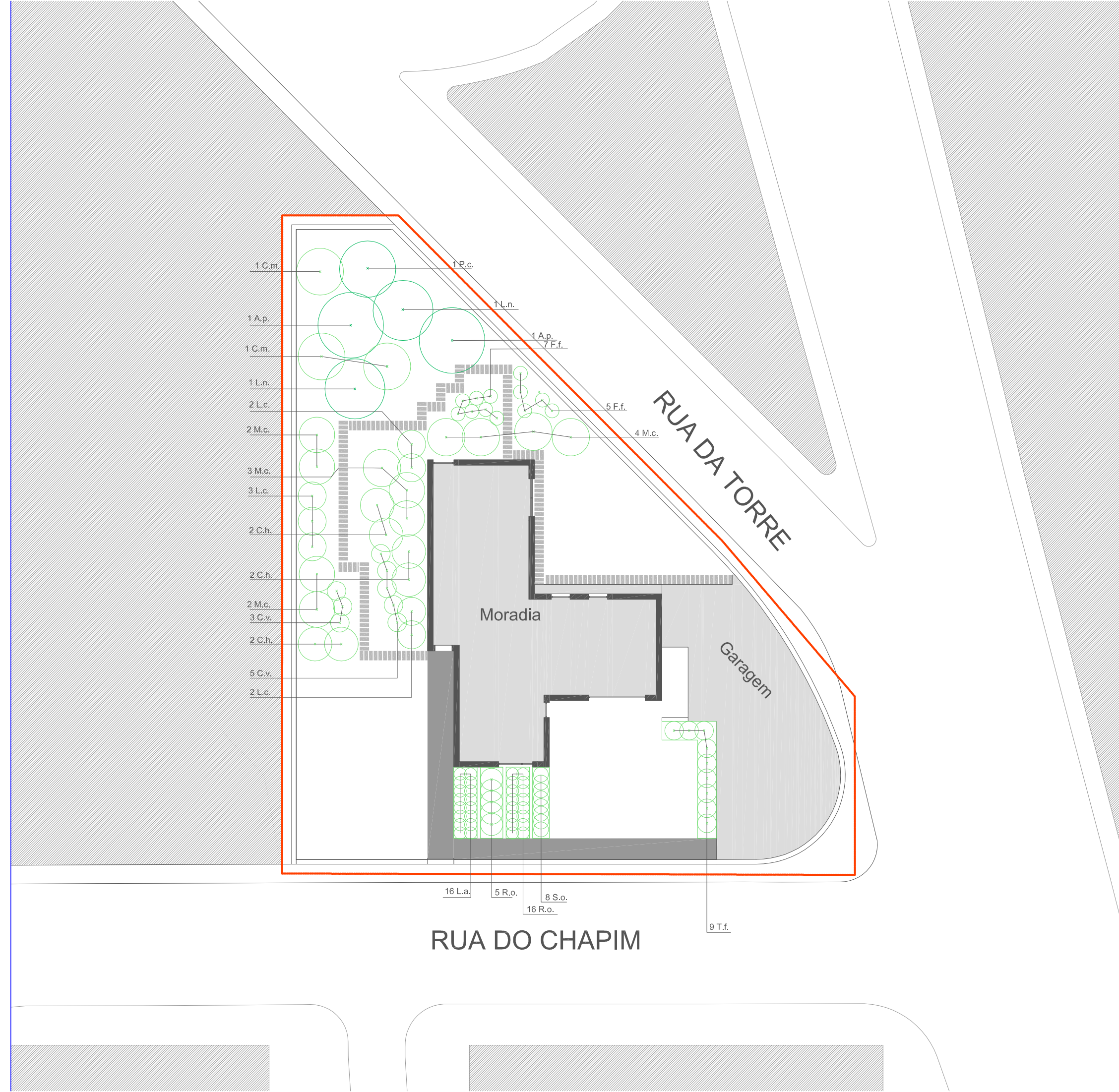
Desenho nº: 02



Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

— Limite

- ÁRVORES

Abrev. Nome botânico

A.p. *Acer palmatum* 'Atropurpureum'
L.n. *Laurus nobilis*
P.c. *Prunus cerasifera* var. *pissardii*

- ARBUSTOS

Abrev. Nome botânico

C.h. *Cotoneaster horizontalis*
C.m. *Crataegus monogyna*
C.v. *Coronilla valentina* subsp. *glauca*
F.f. *Fuchsia fulgens*
L.c. *Lantana camara*
M.c. *Myrtus communis*
T.f. *Teucrium fruticans*

- SUB-ARBUSTOS

Abrev. Nome botânico

L.a. *Lavandula angustifolia*
R.o. *Rosmarinus officinalis*
S.o. *Salvia officinalis*

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Plano de Plantação de Árvores e Arbustos

Desenho nº: 03



Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

— Limite

RELVADO

A.
50% *Lolium perene*
25% *Poa pratensis*
25% *Festuca rubra comutata*
Área = 57.88 m2

B.
70% *Festuca arundinacea*
20% *Poa pratensis*
10% *Lolium perenne*
Área = 129.271

HERBÁCEAS ANUAIS

C.
Antirrhinum majus
A= 3.984 m2
Densidade = 6 A.m. /m2

D.
Calendula officinalis
A = 9.12 m2
Densidade = 15 C.o /m2

E.
Dimocphoteca ecklonis
A = 3.418 m2
Densidade = 10 D. e. /m2

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Plano de Sementeira

Desenho nº: 04

Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

— Limite

H1 - Número da Hidrozona

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Hidrozonas

Desenho nº: 05



Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

- Limite
- Tubagem Principal PEAD
- Tubagem Secundária PEAD
- Tubagem Terciária PEAD
- 1/2" Diâmetro da tubagem
- ≡ ≡ ≡ ≡ ≡ Tubo gota-a-gota de 16 mm com gotejadores autocompensantes inseridos a 0,33 m, do tipo Rain Bird
- Aspersores, Pulverizadores e Microaspersores
- ⊗ Electroválvula
- V01 Numeração da electroválvula
- Ⓟ Programador de 6 estações
- Cabo eléctrico
- LR Ligação à rede
- ⌞ Válvula de seccionamento

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Ante-Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Plano de Rega

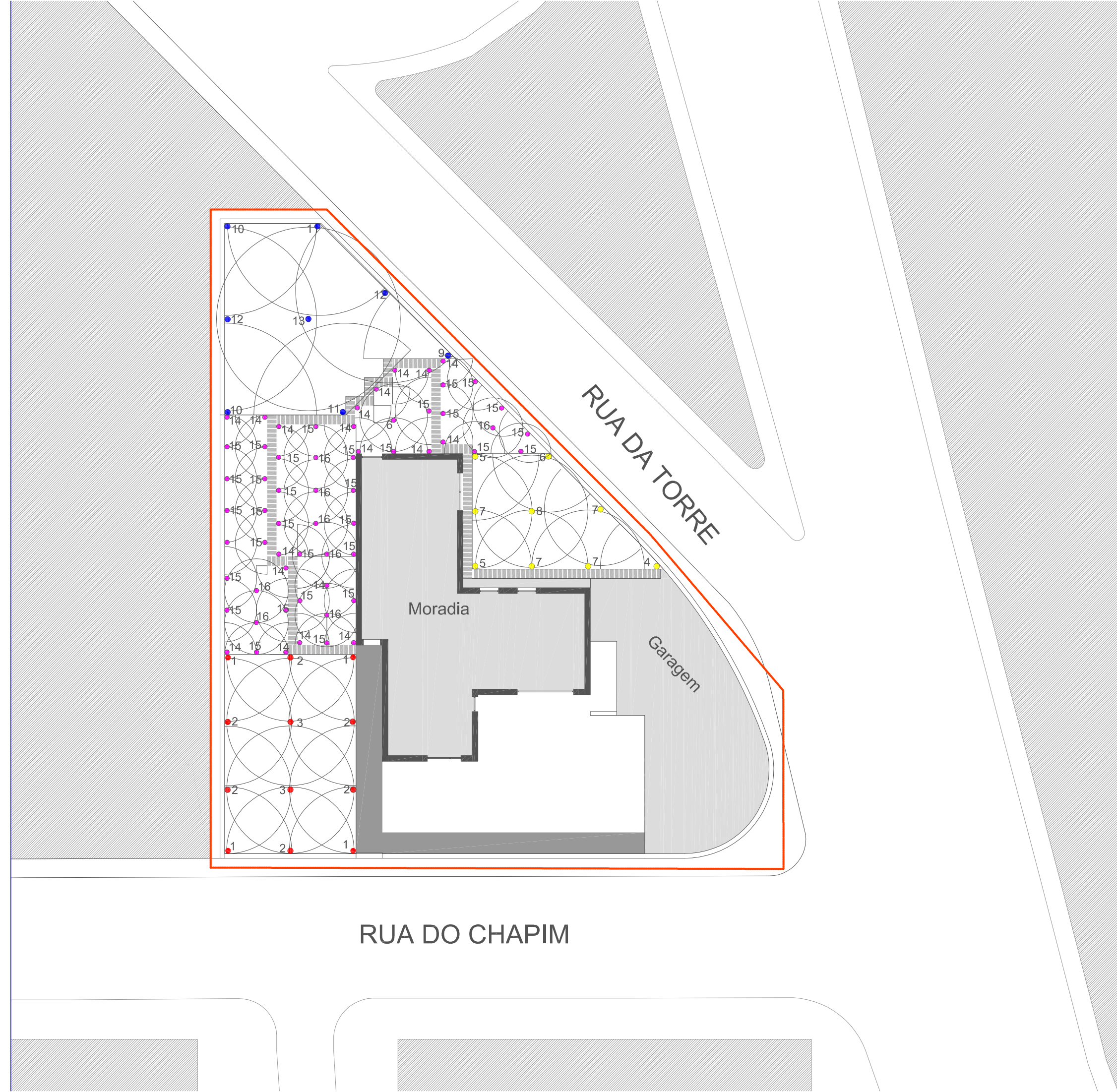
Desenho nº: 06



Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011



LEGENDA:

— Limite

Pulverizador 'I-Spray', do tipo Hunter, escamoteável ("pop-up"), modelo 04 (10 cm), provido de válvula anti-dreno, série 10, ajustável aproximadamente para:

- 1 - 90°
- 2 - 180°
- 3 - 360°

Pulverizador 'I-Spray', do tipo Hunter, fixo, modelo 00, provido de válvula anti-dreno, série 10, ajustável aproximadamente para:

- 4 - 45°
- 5 - 90°
- 6 - 120°
- 7 - 180°
- 8 - 360°

Aspersor PGJ, do tipo Hunter, escamoteável ("pop-up"), modelo 06 (15 cm), provido de válvula anti-dreno, bico 0.75, ajustável aproximadamente para:

- 9 - 45°
- 10 - 90°
- 11 - 120°
- 12- 180°
- 13 - 360°

Microaspersores 'Trio Spray' do tipo Hunter, ajustável para:

- 14- 90°
- 15- 180 °
- 16 - 360°

INSTITUTO SUPERIOR
DE AGRONOMIA
Secção Autónoma de
Arquitectura Paisagista

Projecto de Jardim de Moradia em Cascais

Nome: Joana Sequeira dos Ramos Silva

Designação da Peça: Alcance da Rega por Aspersão

Desenho nº: 07



Escala: 1/200

Local: Rua do Chapim - Cascais

Data: 2011